

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Отделение контроля и диагностики

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

| Тема работы   |
|---|
| <b>Тактика тушения пожара на производственном объекте</b> |

УДК 614.842.6

Студент

| Группа | ФИО                             | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------------|---------|------|
| 3-1Е32 | Дубровская Ксения Александровна |         |      |

Руководитель

| Должность | ФИО        | Ученая степень, звание     | Подпись | Дата |
|-----------|------------|----------------------------|---------|------|
| Профессор | Сечин А.И. | Доктор<br>технических наук |         |      |

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО         | Ученая степень, звание         | Подпись | Дата |
|-----------|-------------|--------------------------------|---------|------|
| Доцент    | Спицын В.В. | Кандидат<br>экономических наук |         |      |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО            | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|----------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент | Мезенцева И.Л. |                        |         |      |

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

| Руководитель ООП<br>20.03.01 Техносферная<br>безопасность | ФИО            | Ученая степень, звание      | Подпись | Дата |
|---|----------------|-----------------------------|---------|------|
| Доцент  | Вторушина А.Н. | Кандидат<br>химических наук |         |      |

Томск – 2018 г.

**Результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01  
Техносферная безопасность**

| <b>Код<br/>рез<br/>ульт<br/>тат<br/>а</b> | <b>Результат обучения<br/>(выпускник должен быть готов)</b>   | <b>Требования ФГОС ВО,<br/>СУОС, критериев АИОР,<br/>и/или заинтересованных<br/>сторон</b>  |
|---|---|---|
| <b>Общие по направлению подготовки</b>    |   |   |
| P1  | Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.   | Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, 2, ОПК-2). CDIO Syllabus (2.4, 4.1, 4.2.7, 4.7). Критерий 5 АИОР (п. 2.12)  |
| P2  | Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности   | Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-1). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.5)   |
| P3  | Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования | Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, 5, 6, 7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ПК-8). CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 3.1, 3.3, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)  |
| P4  | Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.  | Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ОПК-4). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.11)  |
| P5  | Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора и оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.                              | Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-1, ПК-5). CDIO Syllabus (1.1, 2.1). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)  |
| <b>Профиль</b>                            |   |   |
| P6  | Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов   | Требования ФГОС ВО (ОПК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-7). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8), требованиями проф. стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по |

|    |   |  |
|----|---|--|
|    |   | противопожарной профилактике»  |
| P7 | Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателя, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов | Требования ФГОС ВО (ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ОПК-3, 4, 5). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5, 3.1) Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12), требованиями проф.стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике» |
| P8 | Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду   | Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-16, ПК-17). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8), требованиями проф.стандартов 40.056 «Специалист по противопожарной профилактике», 40.054 «Специалист в области охраны труда»       |
| P9 | Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации  | Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-14, ПК-15, ПК-17, ПК-18). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)   |

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП  
\_\_\_\_\_ Е.В. Ларионова  
05.02.2018 г.

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

|                     |
|---------------------|
| бакалаврской работы |
|---------------------|

Студенту:

| Группа | ФИО                             |
|--------|---------------------------------|
| 3-1Е32 | Дубровская Ксения Александровна |

Тема работы:

|  |
|--|
| Тактика тушения пожара на производственном объекте |
|--|

|   |
|---|
| Утверждена приказом директора (дата, номер) |
|---|

|                      |
|----------------------|
| №437/с от 29.01.2018 |
|----------------------|

|  |
|--|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: |
|--|

|               |
|---------------|
| 22.05.2018 г. |
|---------------|

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>Исходные данные к работе</b> |  |
|---------------------------------|--|

|   |  |
|---|--|
| <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i> |  |
|---|--|

|  |  |
|--|--|
|  | Провести анализ риска возникновения чрезвычайных ситуаций и оценить возможные варианты их развития на опасном производственном объекте ООО «Современные источники света» |
|--|--|

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <p>Изучить устройство и принцип работы установки для получения водорода методом электролиза воды;</p> <p>Рассмотреть возможные сценарии развития событий чрезвычайных ситуаций на опасном производственном объекте;</p> <p>Предложить рекомендации для предотвращения возникновения чрезвычайных ситуаций.</p> |
| <p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>   | <p>—</p>   |
| <p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i></p>   |  |
| <p><b>Раздел</b></p>   | <p><b>Консультант</b></p>  |
| <p>Производственная и экологическая безопасность</p>   | <p>Спицын Владислав Владимирович</p>   |
| <p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>   | <p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p>  |
| <p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Литературный обзор;</li> <li>• Описание производственного объекта, характер производства, продукция;</li> <li>• Возможные типовые сценарии развития ЧС на ОПО ООО «Современные источники света»;</li> <li>• Определение показателей рисков;</li> <li>• Анализ рисков;</li> <li>• Социальная ответственность;</li> <li>• Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</li> </ul> <p>На русском языке.</p>                                |  |

|  |                      |
|--|----------------------|
| <p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p> | <p>05.02.2018 г.</p> |
|--|----------------------|

**Задание выдал руководитель:**

| Должность | ФИО         | Ученая степень, звание | Подпись | Дата          |
|-----------|-------------|------------------------|---------|---------------|
| Профессор | Сечин А. И. | Д.Т.Н.                 |         | 05.02.2018 г. |

**Задание принял к исполнению студент:**

| Группа | ФИО                             | Подпись | Дата          |
|--------|---------------------------------|---------|---------------|
| 3-1E32 | Дубровская Ксения Александровна |         | 05.02.2018 г. |

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
Уровень образования бакалавриат  
Отделение контроля и диагностики  
Период выполнения весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

|  |               |
|--|---------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 22.05.2018 г. |
|--|---------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)  | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|--|------------------------------------|
| 12.03.2018 г. | Изучение устройства и принципа работы установки для получения водорода методом электролиза.                          | 20                                 |
| 26.03.2018 г. | Изучение основных сценариев развития событий ЧС на опасном производственном объекте.                                 | 10                                 |
| 09.04.2018 г. | Анализ рисков.   | 25                                 |
| 23.04.2018 г. | Рекомендации по предупреждению возникновения ЧС.   | 15                                 |
| 07.05.2018 г. | Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» | 10                                 |
| 21.05.2018 г. | Оформление и представление ВКР   | 20                                 |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО         | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|-----------|-------------|------------------------|---------|------------|
| Профессор | Сечин А. И. | Д.Т.Н.                 |         | 05.02.2018 |

**СОГЛАСОВАНО:**

| Руководитель | ФИО             | Ученая степень, звание | Подпись | Дата       |
|--------------|-----------------|------------------------|---------|------------|
| Доцент       | Вторушина А. Н. | К. Х.Н.                |         | 05.02.2018 |

# ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

| Группа | ФИО                             |
|--------|---------------------------------|
| 3-1Е32 | Дубровская Ксения Александровна |

| Институт            | Электронного обучения | Отделение                   | Контроля и диагностики             |
|---------------------|-----------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Уровень образования | Бакалавр              | Направление / специальность | 20.03.01 Техносферная безопасность |

## Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

|   |  |
|---|--|
| 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ):<br>материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих | Оклад руководителя - 27500 руб.<br>Оклад студента - 3600 руб.  |
| 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов  | - Премияльный коэффициент научного руководителя 30%;<br>- Премияльный коэффициент бакалавра 100%;<br>- Дополнительной заработной платы научного руководителя 12%;<br>- Накладные расходы 16%;<br>- Районный коэффициент 30%. |
| 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования                                     | Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 27,1%   |

## Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

|   |   |
|---|---|
| 1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ           | - Анализ конкурентных технических решений   |
| 2. Планирование и формирование бюджета научных исследований       | Формирование плана и графика разработки:<br>- определение структуры работ;<br>- определение трудоемкости работ;<br>- разработка графика Ганта.<br>Формирование бюджета затрат на научное исследование:<br>- материальные затраты;<br>- заработная плата (основная и дополнительная);<br>- отчисления во внебюджетные фонды;<br>- накладные расходы. |
| 3. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности | - Определение эффективности исследования  |

## Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

|  |
|--|
|  |
|--|

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

## Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО                           | Ученая степень, звание              | Подпись | Дата |
|-----------|-------------------------------|-------------------------------------|---------|------|
| Доцент    | Спицын Владислав Владимирович | Кандидат экономических наук, доцент |         |      |

## Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО                             | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------------|---------|------|
| 3-1Е32 | Дубровская Ксения Александровна |         |      |

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

|        |                                 |
|--------|---------------------------------|
| Группа | ФИО                             |
| 3-IE32 | Дубровская Ксения Александровна |

|                     |             |                               |                                       |
|---------------------|-------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| Школа               | ИШНКБ       | Отделение                     | Контроля и диагностики                |
| Уровень образования | Бакалавриат | Направление/<br>специальность | 20.03.01 Техносферная<br>безопасность |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

|   |  |
|---|--|
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения. | Установка для получения водорода методом электролиза воды на предприятии по изготовлению ламп накаливания. |
|---|--|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

|   |  |
|---|--|
| 1. Производственная безопасность:         | <p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>- загрязнение воздушной среды в рабочей зоне;</li> <li>- повышенный уровень шума в рабочей зоне</li> </ul> <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- воспламеняющиеся газы;</li> <li>- повышенное содержание водорода в воздухе;</li> <li>- перепады давления</li> </ul> |
| 2. Экологическая безопасность:            | С точки зрения экологии электролиз может показаться относительно чистым и безотходным методом, хотя нельзя забывать, что электроэнергия сегодня производится из ископаемого топлива с большим выделением углекислого газа.   |
| 3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | - пожаро-взрывоопасность   |
|   |  |



|   |   |
|---|---|
| 4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: | <p>- Федеральный закон Российской Федерации от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» (в ред. Федерального закона от 19.05.2010 N 91-ФЗ);</p> <p>- Федеральный закон Российской Федерации от 21 июля 1997г. №116-ФЗ. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».</p> <p>- Федеральный закон Российской Федерации от 30 декабря 2001 №197-ФЗ «Трудовой кодекс Российской Федерации» (ред. от 05.02.2018)</p> |
|---|---|

|  |  |
|--|--|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику |  |
|--|--|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО             | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|------------------------|---------|------|
| Ассистент | Мезенцева И. Л. |                        |         |      |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО                             | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------------|---------|------|
| З-1Е32 | Дубровская Ксения Александровна |         |      |

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 107 с., 3 рис., 30 табл., 49 Источников.

Ключевые слова: Опасный производственный объект, электролиз, взрыв, риски, вероятность возникновения чрезвычайной ситуации, ударная волна, огненный шар.

Объектом исследования является опасный производственный объект «Современные источники света».

Цель работы – Провести анализ риска возникновения аварийной ситуации и оценить возможные варианты ее развития на установке для получения водорода методом электролиза.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- изучить устройства и принципа работы установки для получения водорода методом электролиза;
- изучить основных сценариев развития событий ЧС на опасном производственном объекте;
- провести анализ рисков;
- разработать рекомендации по предупреждению возникновения ЧС.

В результате проведения оценки риска ЧС на предприятии получены показатели риска, по результатам оценок, наиболее опасными и вероятными являются следующие сценарии:

- Сценарий ДВ – Вероятность реализации данного сценария  $6 \cdot 10^{-7}$  1/год. Ожидаемое число погибших - до 2 человек. Ущерб при реализации сценария составил 6624,76 тыс. руб.
- Сценарий ОШ - Вероятность реализации данного сценария  $2,4 \cdot 10^{-7}$  1/год. Ожидаемое число пострадавших - до 2 человек, в т.ч. один смертельно. Ущерб при реализации сценария составил 2599,72 тыс. руб.

Степень внедрения: Отчет о проделанной работе передан в отдел промышленной безопасности ООО «Современные источники света»

Область применения: установки для получения водорода методом электролиза воды.

Значимость работы заключается в оценке возможных последствий аварийных ситуаций на электролитических установках. В результате анализа получены следующие данные:

Смертельное поражение персонала (1-2 чел.) при реализации аварий на оборудовании, входящем в состав ОПО, возможно при проведении осмотра или при проведении ремонтных работ, если авария произойдет именно в месте нахождения персонала.

Наибольшую опасность с точки зрения возможной гибели людей представляют аварии группы сценариев групп ДВ («дефлаграционный взрыв газа») на емкостном оборудовании, содержащем водород, вследствие образования значительной зоны поражения взрывной волной и обломками зданий и сооружений.

Для снижения показателей риска ЧС необходимо внедрение противоаварийных и противопожарных мероприятий.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| Введение.....  | 15 |
| 1. Литературный обзор.....   | 16 |
| 2. ОПИСАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА,<br>ПРОДУКЦИЯ.....   | 18 |
| 2.1 Продукция.....   | 18 |
| 2.2 Описание опасного производственного объекта.....   | 19 |
| 3. ВОЗМОЖНЫЕ ТИПОВЫЕ СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ ЧС НА ОПО ООО<br>«СОВРЕМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА».....                             | 25 |
| 3.1 Расчеты исходных данных для определения показателей степени<br>риска.....  | 31 |
| 3.2 Расчет вероятных зон действия поражающих факторов.....   | 33 |
| 3.2.1 Расчет максимальных размеров взрывоопасных зон.....  | 34 |
| 3.2.2 Расчет границ зон поражающих факторов пожара (сценарий С-<br>ПВ).....  | 35 |
| 3.2.3 Расчет границ зон поражающих факторов пожара (сценарий С-<br>ОШ).....  | 36 |
| 3.2.4. Расчет границ зон поражающих факторов при взрыве облака<br>ГПВС (сценарий С-ДВ).....                            | 39 |
| 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ РИСКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ<br>СИТУАЦИЙ.....   | 46 |
| 4.1. Определение вероятностей возникновения рассматриваемых<br>сценариев на ОПО ООО «Современные источники света»..... | 46 |
| 4.2. Определение показателей риска.....  | 48 |
| 4.2.1 Расчет потенциального и индивидуального риска.....   | 49 |

|  |    |
|--|----|
| 4.2.2 Расчет социального риска.....  | 55 |
| 4.2.3 Расчет коллективного риска.....  | 60 |
| 4.3 Оценка возможного ущерба при реализации рассматриваемых сценариев на объектах.....                       | 61 |
| 4.3.1 Прямые потери организации.....   | 62 |
| 4.3.2 Потери в результате уничтожения имущества третьих лиц.....   | 62 |
| 4.3.3 Потери в результате уничтожения основных фондов.....   | 62 |
| 4.3.4 Экологический ущерб (ущерб компонентам окружающей природной среды).....                                | 63 |
| 4.3.5 Затраты на проведение работ по локализации/ликвидации аварии и расследование аварии.....               | 63 |
| 4.3.6 Социально-экономические потери (затраты, понесенные в результате гибели и травматизма людей).....      | 64 |
| 4.3.7 Косвенный ущерб.....   | 66 |
| 4.3.8 Общий ущерб.....   | 66 |
| 5. ВЫВОДЫ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ СТЕПЕНИ РИСКА ДЛЯ НАИБОЛЕЕ ОПАСНОГО И НАИБОЛЕЕ ВЕРОЯТНОГО СЦЕНАРИЯ РАЗВИТИЯ ЧС..... | 68 |
| 5.1 Перечень наиболее опасных составляющих на опасных объектах ООО «Современные источники света».....        | 68 |
| 5.2 Выводы анализа оценки риска для наиболее опасного и наиболее вероятного сценария развития ЧС.....        | 68 |
| 6. РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА НА ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ.....                         | 70 |

|   |     |
|---|-----|
| 7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....  | 74  |
| 7.1 Производственная безопасность.....  | 75  |
| 7.2 Экологическая безопасность.....   | 78  |
| 7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....  | 79  |
| 7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения<br>безопасности.....                                 | 79  |
| 8. «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ<br>И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ».....                            | 81  |
| 8.1 Анализ конкурентных технических решений.....  | 81  |
| 8.2 Планирование научно-исследовательских работ. Структура работ в<br>рамках научного исследования..... | 86  |
| 8.3 Определение трудоемкости выполнения работ.....  | 87  |
| 8.4 Разработка графика проведения научного исследования.....  | 90  |
| 8.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....  | 95  |
| 8.6 Расчет материальных затрат НТИ.....   | 95  |
| 8.7 Расчет затрат на специальное оборудование для<br>научных(экспериментальных) работ.....              | 96  |
| 8.8 Основная заработная плата исполнителей темы.....  | 96  |
| 8.9 Дополнительная заработная плата научно-производственного<br>Персонала.....                          | 99  |
| 8.10 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)...   | 99  |
| 8.11 Накладные расходы.....   | 100 |
| 8.12 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского<br>проекта.....                              | 100 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....   | 102 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....   | 104 |

## ВВЕДЕНИЕ

Начало светотехническому производству в России было положено инженером Наумом Колманком, открывшим в 1906 году в Москве мастерскую, спустя два года преобразованную в фабрику, выпускающую электролампы. Фабрика ежегодно производила 300 тыс. единиц продукции из импортных деталей.

По экспертным оценкам, электролампы и осветительные приборы в России выпускают свыше 300 предприятий. В производстве обычных электроламп накаливания для бытового и общего применения задействованы сборочные и заготовительные цеха и участки, осуществляющие:

- варку стекла, изготовление колб;
- изготовление внутренних стеклянных деталей лампы (штенгелей, штабиков, тарелочек);
- изготовление и сборку цоколей;
- сборку ламп.

На предприятиях по изготовлению ламп накаливания используется водород, полученный методом электролиза воды. Процесс получения водорода методом электролиза воды является пожаро- и взрывоопасным. Опасность аварий, взрывов и пожаров может возникнуть при нарушениях технологического режима, утечках электролитических газов - водорода и кислорода, их смешении в коллекторах и внутри аппаратов во взрывоопасных соотношениях при проникновении водорода в кислород и кислорода в водород. Входящие в состав производства помещения электролиза воды, очистки и осушки водорода, наружные установки водорода (мокрые газгольдеры), отделения компрессии, наполнения и склады баллонов водорода по степени пожаро- и взрывоопасности относятся к категории А.

## 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

Опасные производственные объекты, объекты на которых получаются, переобатываются, хранятся, транспортируются и уничтожаются опасные вещества. О.п.о. классифицируются по накопленному потенциалу опасности, механизму причинения ущерба, виду опасности, характеру возможных чрезвычайных ситуаций и т.д. Отнесение объектов к опасным осуществляется на основе Закона РФ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" 1997.

Электролизная установка относится к опасным производственным объектам и работает непрерывно или периодически в зависимости от потребности в водороде. Производительность ЭУ может при необходимости изменяться в широких пределах.

В состав ЭУ входят электролизеры, аппаратура для охлаждения электролита, промывки, регулирования давления и осушки газов, бак и насос для электролита, ресиверы для хранения запаса выработанных газов, преобразовательные агрегаты для питания электролизеров выпрямленным током, приборы контроля. Электролизер предназначен для электрохимического разложения воды на водород и кислород. Электролизер - горизонтальный сборный аппарат фильтр-прессного типа, работающий под давлением до 1 МПа. Он состоит из двух монополярных электродов, расположенных на изолированных от земли концевых плитах, и 25 - 50 (в зависимости от типа электролизера) биполярных электродов, сжатых между концевыми плитами и отделенных один от другого уплотняющими и изолирующими прокладками и диафрагменными рамами.

Биполярные электроды при прохождении через электролизер постоянного тока выделяют на одной стороне (катоде) водород и на другой (аноде) - кислород.



Выделяющиеся на электродах газы разделены асбестовой диафрагмой, прикрепленной к диафрагменным рамам. Электролизер имеет три коллектора: верхние предназначены для отвода газов и электролита, нижний - для возврата в ячейки охлаждающего электролита. Все элементы электролизера соединены в общий пакет и стянуты четырьмя стяжными болтами.

Для компенсации температурных удлинений аппарата на концах болтов установлены тарельчатые пружины. Стяжные болты изолированы от концевых плит с помощью специальных втулок.

Эксплуатация ОПО осуществляется круглосуточно и круглогодично в стабильном постоянном режиме. Остановки оборудования проводятся для планового технического обслуживания и текущего ремонта.

## **2. ОПИСАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕКТА, ХАРАКТЕР ПРОИЗВОДСТВА, ПРОДУКЦИЯ.**

ООО «Современные источники света» - предприятие по производству электрических ламп в г. Томске, единственный в азиатской части России производитель электроламп, входит в Международный светотехнический холдинг. Генеральный директор- Владислав Владимирович Голубев (с марта 2007 года).

Предприятие занимает квартал в центральной части Кировского района, ограниченный проспектом Кирова и улицами Советской, Усова и Белинского.

История предприятия началась в конце 1941 года, когда в Томск были эвакуированы несколько десятков работников Московского электролампового и Запрудненского стекольного заводов. Вновь создаваемому предприятию был выделен недостроенный корпус медицинского института. Первая продукция была выпущена 7 ноября 1941 года. Днём рождения завода считается 15 декабря 1941 года, когда была изготовлена первая тысяча авиационных ламп. Всего за более чем 75 лет работы было выпущено более 4,8 млрд ламп.

Летом 2006 года на заводе возникли трудности с выплатой зарплаты, задержка доходила до 2 месяцев, была проведена забастовка. Новое руководство предприятия ставит задачу увеличить производство электроламп в полтора раза.

С 28 мая 2008 года предприятие ввело процедуру банкротства. В настоящее время завод приостановил свою деятельность.

### **2.1 Продукция**

Изобретение в 19-ом веке лампы накаливания и внедрение сетей по передачи электроэнергии проложило путь к первому выпускаемому серийно источнику света, который позволял обеспечить яркое освещение как для домов, так и фабрик стремительно развивающегося индустриального мира. С

тех пор, преобразование электроэнергии в видимый свет с более высокой яркостью стало основной целью производителей источников света.

Универсальность и простота традиционных ламп накаливания привела к их массовому повсеместному использованию. Они по-прежнему занимают доминирующее положение на рынке источников света. Вместе с тем стремление мировой экономики быть более энергоэффективной и экологически безопасной стало следствием появления новых источников света, работа которых основана на совершенно иных принципах.

На данный момент предприятие производит продукцию:

- Лампы накаливания общего назначения
- Лампы декоративные
- Лампы накаливания специального назначения
- Компактные люминесцентные лампы
- Лампы светодиодные
- Светодиодные светильники.

Для получения водорода предприятие использует метод электролиза воды. Площадка для получения водорода методом электролиза воды относится к опасным производственным объектам (ОПО).

## **2.2 Описание опасного производственного объекта**

Опасные производственные объекты - «Площадка производства предприятия» и «Площадка установки получения водорода методом электролиза воды» относятся к категории опасных производственных объектов, в связи с тем, что в технологическом процессе обращаются горючие газы, а также предусмотрено использование оборудования, работающего под давлением более 0,07 МПа и зарегистрированы в государственном реестре за регистрационными номерами А62-05954-0001 от 08.07.2009 г. (III класс опасности) и А62-05954-0008 от 10.01.2013 г. (IV класс опасности) соответственно.

Производственную деятельность по эксплуатации ОПО осуществляет ООО «Современные источники света» на основании лицензии на эксплуатацию взрывопожароопасных производственных объектов, выданной Федеральной службой по экологическому технологическому и атомному надзору 13.02.2013 г. № ВП-62-002045 серия АВ № 069836. Срок действия лицензии: бессрочно, что соответствует ст.6 Федерального закона № 116-ФЗ.

Предприятие выполняет комплекс работ по производству и реализации ламп накаливания и других источников света: светодиодные лампы, светодиодные светильники, широкий ассортимент стеклотрубок и стеклокапилляров, лампы специального назначения. Основные характеристики организации, эксплуатирующей и обслуживающей опасный объект, представлены в таблице 1.

Таблица 1. Производственно-строительная характеристика зданий и сооружений производственной площадки

| Наименование зданий<br>(категория пожаро-<br>опасности) | Производственное назначение<br>здания   | Строительная характеристика<br>зданий и сооружений   |
|---|---|--|
| Строение № 5<br>(Д)                                     | Отделы заводоуправления, архив,<br>служебные и бытовые<br>помещения, сварочный участок<br>инструментального цеха № 35 | Сборный ж/бетон, перегородки<br>кирпичные, кровля покатая из<br>оцинк. железа, высота 14 м, общая<br>площадь 3309 м <sup>2</sup> . |
| Строение № 7<br>(В II)                                  | Электрокарная мастерская, га<br>раж, подстанция № 2   | Высота 4 м, стены и перегородки<br>кирпич ные, перекрытие - ж/бетон,<br>кровля мягкая, площадь - 448,7 м <sup>2</sup> .            |
| Строение № 8<br>(Д)                                     | Транспортная проходная, быто-<br>вые помещения, офис аудитор-<br>ской фирмы   | Высота здания 10 м, Площадь 250<br>м <sup>2</sup> Стены кирпичные, перекрытие<br>ж/б.  |
| Строение № 9, (-)                                       | Дымовая труба   | Высота 50 м. Материал - кирпич.  |
| Строение № 11 (А)                                       | Газораспределительная<br>подстанция   | Высота 3,9 м, Площадь 121,7 м <sup>2</sup> .<br>Стены кирпичные, перекрытие -<br>ж/б плиты.  |

| Наименование зданий<br>(категория пожаро-<br>опасности) | Производственное назначение<br>здания   | Строительная характеристика<br>зданий и сооружений   |
|---|---|--|
| Строение № 12<br>(Г)                                    | Стекольный цех № 1. Печи варки стекла, компрессорная, склад заготовок (СКЗ), слесарные мастерские, подстанция № 3. Цех № 22 | Высота до 19 м. Площадь застройки - 4372,5 м <sup>2</sup> . Стены - шлакоблоки (частично ж/б блоки), перегородки - кирпич, перекрытие - ж/бетон. Кровля мягкая.                      |
| Строение № 14 (А)                                       | Газоочистительная станция. Испытательная станция. Участок сварки электродов.  | Стены и перегородки кирпичные, перекрытие - ж/бетонные, над центральной частью здания легко снимающиеся кровля (мягкая и шифер), высота 6-8 м. Площадь 1238 м <sup>2</sup> .         |
| Наименование<br>зданий (категория<br>пожароопасности)   | Производственное назначение<br>здания   | Строительная характеристика<br>зданий и сооружений   |
| Строение № 15<br>(Д)                                    | Жестяная мастерская, кабинеты энергослужбы.   | Высота - 7,1 м. Площадь - 221 м <sup>2</sup> . Стены кирпичные, перекрытие - ж/б плиты.  |
| Строение № 16 (В)                                       | Цех нестандартного оборудования и ремонтные цехи №35, котельная, клееварка, картонажное производство                        | Сборный ж/бетон, перегородки кирпичные, кровля мягкая, высота 19 м. Площадь - 2958 м <sup>2</sup> .  |
| Строение № 18   | Бассейн оборотного водоснабжения (открытый)   | Площадь - 54,1 м <sup>2</sup> . Исполнение кирпичное. Глубина - 2,45 м. Объем заполняемой воды - 300 м <sup>3</sup> .  |
| Строение № 19   | Дымовая труба цеха № 1  | Высота - 60 м. Материал - кирпич.  |
| Строение № 20<br>(ВП)                                   | Склад готовой продукции   | Высота - 5,31 м, Площадь - 70,6 м <sup>2</sup><br>Стены - металлический каркас, обшитый металлическим листом.  |
| Строение № 21<br>(Д)                                    | Скважина подземного водозабора  | Стены - кирпичные, Перекрытие - рк/б плиты.  |
| Строение № 22   | Бассейн оборотного водоснабжения (открытый)   | Площадь - 111,7 м <sup>2</sup> . Исполнение кирпичное. Глубина - 5,5 м. Объем заполняемой воды - 75 м <sup>3</sup>   |
| Строение № 24<br>(ВП)                                   | Хранилище сжиженного газа (подземное)   | 7 емкостей по 4,2 м <sup>3</sup> . Общее количество сжиженного газа не более 3,0 тонн. Земляная обваловка на высоту 1 м. Площадь обваловки 18×12 м <sup>2</sup> . Обваловка обнесена |

В ООО «Современные источники света» принята герметизированная система транспорта, производства и хранения опасных веществ, обеспечивающая исключение потерь сырья, реагентов и готовой продукции, недопущение контакта опасных веществ с окружающей средой при соблюдении режима эксплуатации и своевременном профилактическом осмотре, и ремонте трубопроводов, оборудования и арматуры. Перечень оборудования, входящего в состав каждого ОПО представлен в таблице 2.

Таблица 2 «Перечень эксплуатируемых технических устройств, входящих в состав ОПО»

| №  | Наименование оборудования  | Кол-во, т | Технические характеристик, тип опасного вещества  |
|--|--|-----------|---|
| <b>Площадка производства предприятия</b>     |  |           |   |
| 1  | Ресивер-воздухозаборник(В-6.3-09Г2С)   | 1         | Воздух: $V=6,3 \text{ м}^3$ , $P=0,8 \text{ МПа}$ , $D=1400 \text{ мм}$ , $H=4565 \text{ мм}$ вертикальный сосуд  |
| 2  | Ресивер для аргона   | 2         | Аргон технический: $V=20 \text{ м}^3$ , $P=1,0 \text{ МПа}$ , вертикальный сосуд  |
| 3  | Газификатор М (ГХК-8/1,6-500)  | 3         | Кислород<br>$O_2 = 500 \text{ м}^3/\text{ч}$ $V=8 \text{ м}^3$ , $P=1,6 \text{ МПа}$ .<br>Габариты (ДхШхВ) - 2380х2170х5570 мм Кол-во заливаемого продукта (в 2 резервуарах): $O_2$ - 8,7 кг, $Ы_2$ - 6,2 |
| 4  | Ресивер для азота  | 2         | Азот технический общее кол-во   |
| <b>Площадка установки получения водорода</b> |  |           |   |
| 5  | Блочная автоматизированная установка по производству водорода методом электролиза воды НуЗТАТ-А серии 100 310/10 | 1         | Водород,кислород $O_2 (H_2)=Ю \text{ нм}^3/\text{ч}$ , $O_2 (O_2)=5 \text{ нм}^3/\text{ч}$ , $P_{\text{тах}}=0,95 \text{ МПа}$ , $P_{\text{т1п}}=0,80 \text{ МПа}$ Габариты (ДхШхВ) - 6100х2450х2900 мм   |

| № | Наименование оборудования | Кол-во | Технические характеристики, тип опасного вещества   |
|---|---------------------------|--------|---|
| 6 | Ресивер для водорода      | 1      | Водород: $V=20 \text{ м}^3$ , $0=2500 \text{ мм}$ , $H=6200 \text{ мм}$ , $P_{\text{тах}}=1,2 \text{ МПа}$ , вертикальный сосуд со сферическим днищем |
| 7 | Баллоны с водородом       | 180    | $V=6,0 \text{ м}^3$ , общее кол-во - 0,097 т<br>$P_{\text{раб}}=14,7 \text{ МПа}$ . Высота (длина) корпуса баллона - 1370 мм                          |

**Водород** производится на водородной станции. По трубопроводу поступает в промежуточный ресивер, где хранится под давлением до 6 атмосфер. Далее по трубопроводу водород подается на газоочистную станцию, где очищается, осушивается и подается по газопроводу на участок отжига проволоки - основной потребитель водорода, где в водородных печах в две дневные смены производится отжиг проволоки для электроламп. Также предусмотрена схема работы с использованием контейнеров с баллонами. С помощью электротали контейнеры перегружаются на оборудованную автомашину и доставляются на газоочистную станцию.

Ведение производственных процессов, техническое состояние технологического и электрооборудования, трубопроводов, санитарно-технических сооружений должны обеспечивать безаварийную работу и безопасность персонала. Текущий ремонт установки с разборкой регулирующей, предохранительной и запорной арматуры должен проводиться не реже 1 раза в 12 месяцев.

Эксплуатация ОПО осуществляется круглосуточно и круглогодично в стабильном постоянном режиме. Остановки оборудования проводятся для планового технического обслуживания и

текущего ремонта.

Техническое обслуживание, текущий и капитальный ремонты оборудования, КИП, деталей трубопроводов выполняется обслуживающим персоналом ООО «Современные источники света». Выполняемое техническое обслуживание, текущий ремонт и замена оборудования, КИП и деталей трубопроводов фиксируются в эксплуатационном паспорте.



### **3. ВОЗМОЖНЫЕ ТИПОВЫЕ СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ ЧС НА ОПО ООО «СОВРЕМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ СВЕТА»**

Под сценарием развития аварии (ЧС) подразумевается последовательность отдельных логически связанных событий (истечение, испарение, распространение, воспламенение опасных веществ и т.д.), обусловленных конкретным инициирующим (исходным) событием, приводящих к определенным опасным последствиям аварии. [РД 03-14-2005].

При транспортировке и нарушении правил эксплуатации газовых баллонов/ресиверов может произойти утечка с последующим взрывом или аварийная разгерметизация сосуда. Результатом аварии, является потеря продукции, а также разрушение соседнего оборудования, сооружений, травмирование персонала.

Пожары на объектах, связанных с обращением баллонов/ресиверов с газом под давлением, характеризуются возможностью проявления в различном сочетании следующих опасных сценариев:

- теплового воздействия «пожара-вспышки»,
  - воздействия волны сжатия взрыва;
  - теплового воздействия «огненного шара»;
  - теплового воздействия струйного факела горящего газа;
  - осколков разорвавшегося сосуда;
  - удушья в результате уменьшения содержания кислорода в воздухе при скоплении в нем газов в избыточном количестве;
- наркоотического действия отдельных газов, даже при незначительной концентрации в воздухе,

Анализ возможных аварийных ситуаций на ОПО сводится к оценке

количества опасного вещества, которое может быть вовлечено в аварию, и определению последствий этих аварий с учетом их вероятности.

Определение типовых сценариев возможных аварий на ОПО проводилось с учетом:

1. характеристик опасного вещества;
2. анализа известных аварий на аналогичных объектах;
3. описание технических решений по обеспечению безопасности;
4. анализа возможных причин и факторов, способствующих возникновению и развитию аварий.

К авариям с катастрофическими последствиями относятся аварии, связанные с разрывами газовых баллонов и сопровождающиеся взрывами, способными негативно воздействовать на персонал и оборудование ОПО.

К авариям с последствиями малых масштабов относятся аварии, связанные с утечкой газа через неплотности в соединительных элементах и свищи в трубопроводах. Как правило, данные аварии не представляют опасности для людей и окружающей среды. Потери газа при таких авариях также невелики.

Исходя из принципов консервативной оценки, далее будут рассматриваться только аварии с катастрофическими последствиями.

Исходя из приведенных выше выявлений возможных причин возникновения и развития аварийных ситуаций с учетом отказов и неполадок оборудования, возможных ошибочных действий персонала и

внешних воздействий природного и техногенного характера, можно сделать вывод, что аварии на ОПО будут развиваться по общей схеме. На рисунке приведена блок-схема вероятного возникновения и развития сценариев аварийной ситуации.

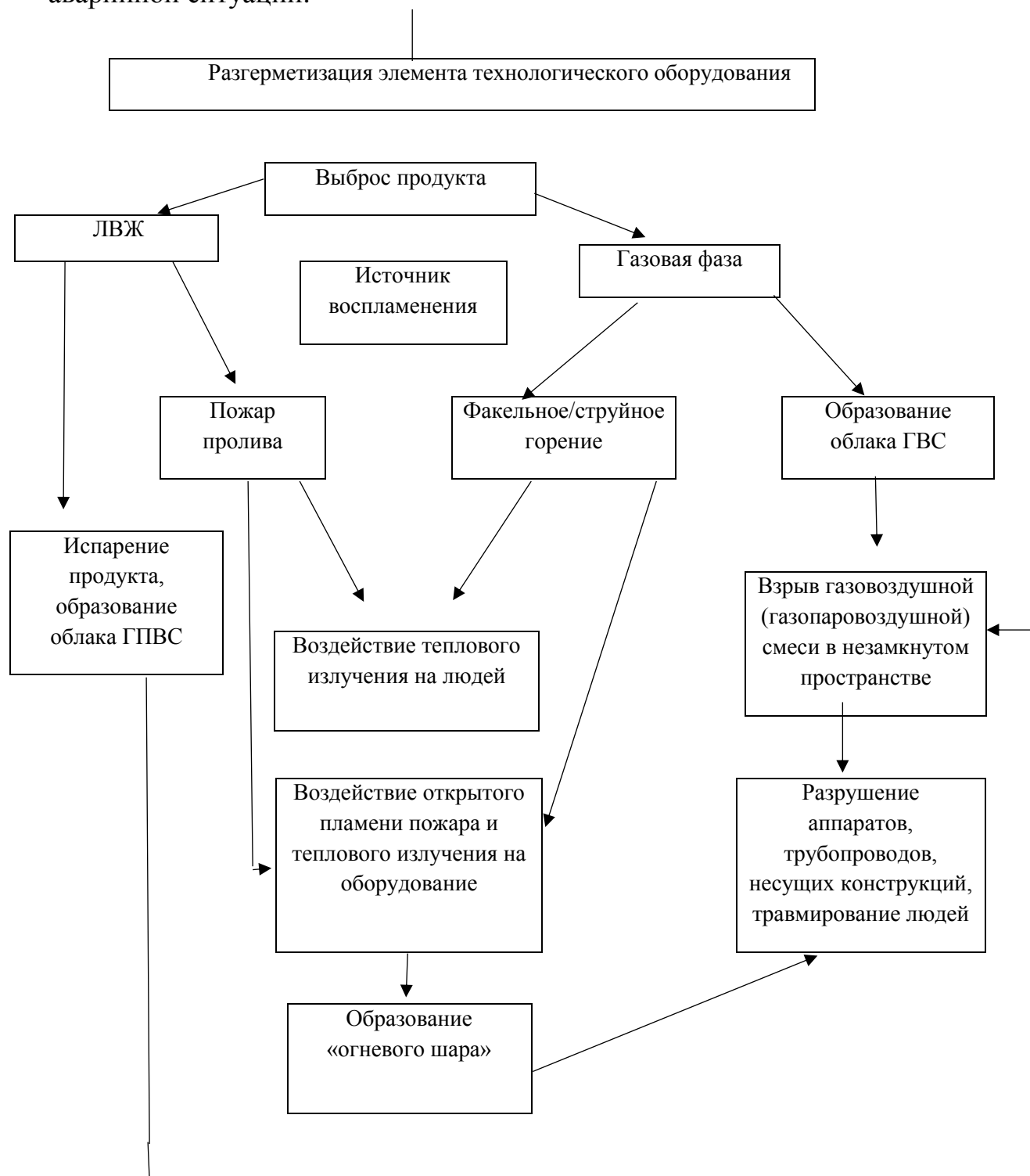


Рисунок 1 - Блок-схема различных видов сценариев развития аварий на анализируемом объекте

Для количественной оценки опасности выбраны 3 группы сценариев аварий, реализуемых на ОПО ООО «Современные источники света» и отражающие количества выброшенного продукта и опасные последствия:

**Группа сценариев ДВ** - дефлаграционный взрыв ГВС вследствие разрыва емкости под давлением;

**Группа сценариев ОШ** \*- огненный шар в открытом пространстве вследствие разрыва емкости под давлением;

**Группа сценариев ПВ** - пожар-вспышка в открытом пространстве на месте разгерметизации емкости под давлением;

Последствия выброса газа при возникновении аварийной ситуации будут различны в зависимости от характера повреждения трубопровода (разрыв, свищ), от времени года (лето, зима), от условий местности. Для оценки максимального риска будем рассматривать возникновение аварийной ситуации в летний период, когда температура воздуха максимальна и возникновение поражающих факторов наиболее вероятно.

При рассмотрении аварийных ситуаций, связанных с поступлением кислорода в окружающее пространство необходимо учитывать, то, что кислород не является горючим газом, но сильно поддерживает горение. Когда в воздухе имеется больше, чем 21 % кислорода, сгораемые материалы воспламеняются легче и горят сильнее. Многие несгораемые при нормальном воздухе материалы могут гореть в чистом кислороде или воздухе, богатом кислородом. Когда жидкий кислород испаряется, испарившийся газ имеет очень низкую температуру и плотность тяжелее воздуха. Поэтому он может накапливаться, например, в канализации и вызывать повышенную концентрацию кислорода в воздухе.

Поскольку кислород сам не является пожароопасным газом, а только лишь поддерживает горение различных материалов и сред, поэтому количественная оценка возможных пожаров (взрывов) не определяется, так как зависит напрямую от состава окружающего пространства.

Поскольку газообразный водород чрезвычайно легкий, при утечке он быстро рассеется в атмосфере. Тогда и гремучей смеси не получится, и опасность взрыва будет сведена к минимуму что касается опасности удушья - такая проблема может быть только в замкнутом пространстве, например, в гараже. Если утечка водорода происходит на открытом воздухе, его концентрация будет небольшой и не опасной для жизни.

Для удобства расчетов и оценки максимального риска выбрано следующее оборудование, входящее в состав ОПО, представленное в таблице 3. Для обеспечения четкой формализации вероятностных расчетов на дальнейших этапах расчета риска типовые группы расчетных сценариев должны формироваться отдельно для каждого из следующих типов составляющих ОПО, идентифицируемых с помощью соответствующих буквенных шифров.

Таблица 3. Оборудование, входящее в состав ОПО

| № | Наименование оборудования  | Буквенный шифр |
|---|--|----------------|
| 1 | Ресивер для водорода ( $V=20 \text{ м}^3$ , $P=1,2 \text{ МПа}$ )  | Р              |
| 2 | Баллон для водорода ( $V=6,0 \text{ м}^3$ , $P=14,7 \text{ МПа}$ ) | Б              |



Рисунок 2 - Схема кода сценария

На основе анализа причин возникновения и факторов, определяющих исходы аварий, учитывая особенности технологических процессов производства и хранения газов, свойства и распределение опасных веществ, на ОПО ООО «Современные источники света» можно выделить следующие наиболее опасные типовые сценарии развития ЧС, которые представлены в таблице 4.

Таблица 4. Описание сценариев.

| Сценарий  | Описание сценария  |
|---|--|
| Площадка производства предприятия. Площадка установки получения водорода. |  |
| С <sub>Р</sub> -1-ДВ<br>С <sub>Б</sub> -2-ДВ                              | Разгерметизация емкости под давлением со сжатым газом —> образование ВВС в момент разрыва —> разлет фрагментов оборудования —> частичное разрушение смежного технологического оборудования и сооружений в части остекления, «легкосбрасываемых» элементов конструкции за счет ВВС, скоростного напора струи газа и осколков —> «задержанное» воспламенение ГВС —> сгорание облака ГВС в дефлаграционном режиме —>• образование ВВС в результате сгорания ГВС, а также прямое огневое и радиационное тепловое воздействие на оборудование, сооружения, здания людей, оказавшихся в пределах облака или вблизи него —> разрушение или повреждение оборудования, зданий и сооружений на объекте, гибель или получение людьми механических травм, ожогов различной степени тяжести |
| С <sub>Р</sub> -1-ОШ<br>С <sub>Б</sub> -2-ОШ                              | Разгерметизация емкости под давлением со сжатым газом —> образование первичной ВВС в момент разрыва —> разлет фрагментов оборудования —> воспламенение ГВС —> сгорание облака ГВС с высокой интенсивностью и мощным излучением тепла в окружающее пространство, способного вызвать возгорание легковоспламеняющихся конструкций —► разрушение или повреждение оборудования, зданий и сооружений и, возможно, гибель или получение персоналом ожогов различной степени тяжести, а также травм от действия ВВС, осколков   |

| Сценарий                                     | Описание сценария  |
|--|--|
| С <sub>Р</sub> -1-ПВ<br>С <sub>Б</sub> -2-ПВ | Разгерметизация ^ емкости под давлением со сжатым газом —> образование первичной ВВС в момент разрыва —> разлет фрагментов оборудования —>■ воспламенение ГВС с образованием кратковременного сгорания облака ГВС (пожар-вспышка) —» термическое воздействие пожара на технологическое оборудование, здания и сооружения, а также на людей, оказавшихся вблизи места аварии —» разрушение или повреждение оборудования, зданий и сооружений и, возможно, гибель или получение персоналом ожогов различной степени тяжести, а также травм от действия ВВС, осколков |

### 3.1 Расчеты исходных данных для определения показателей степени риска

Исходные данные, необходимые для определения показателей степени риска-количество опасного вещества, участвующего в реализации сценария.

Масса опасных веществ, способных участвовать в идентифицированных сценариях аварий, возможных на территории производственной площадки ООО «СИС», оценивалась на основе анализа технологии и режимных параметров обращения с опасными веществами на установках, с использованием рекомендаций методик, приведенных в п. 3.3. При этом согласно требованиям нормативных документов, выбирался наиболее неблагоприятный вариант аварии или период работы технологического оборудования, при котором в аварии участвует наибольшее количество веществ.

Количество газа, участвующее в аварии при разрушении технологического оборудования, принималась равным массе газа,

содержащейся в аварийном аппарате.

Оценка количества опасных веществ, участвующих в авариях, проводилась с учетом следующих допущений и ограничений:

1. В создании поражающих факторов при авариях, сопровождающихся пожарами истекающего газа, учитывалась вся масса опасного вещества, выброшенная из аварийного оборудования.
2. Масса газа, участвующего в образовании ударной волны при дефлаграционном сгорании ГВС, принималась равной массе газа, заключенного при рабочем давлении в пределах разрушенного оборудования.

Приведенные выше допущения согласуются с современной практикой количественного анализа риска. При возникновении неопределенностей, не достаточно полно описываемых применяемыми моделями, при расчетах делались консервативные допущения.

Объем газовых выбросов при разрушении оборудования определялся в соответствии с ГОСТ[26]. Масса выброса газа, кг, при расчетной аварии, определяется по формуле.

$$m = 0.01 * Pa * Va * \rho_g \quad (1)$$

Где  $V_a$  – объема аппарата,  $\text{м}^3$ ;

$P_a$  – давление в аппарате,  $\text{кПа}$ ;

$\rho_g$  – плотность газа,  $\text{кг}/\text{м}^3$



Результаты расчета количества аварийных выбросов опасных веществ, количества веществ участвующих в создании поражающих факторов представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Количества вещества, участвующего в авариях на ОПО

| Номер сценария | Аварийное оборудование, событие, инициирующее аварийную ситуацию   | Аварийная ситуация | Основной поражающий фактор | Количество опасного вещества, т |   |
|----------------|--|--------------------|----------------------------|---------------------------------|---|
|                |  |                    |                            | участвующего в аварии           | участвующего в создании поражающих факторов |
| Ср-1-ДВ        | Ресивер для водорода (У=20 м³, Р=1,2 МПа). Разрушение оборудования | Взрыв ГВС          | Ударная волна              | 0,02158                         | 0,02158                                     |
| Ср-1-ОШ        |  | Горение ГВС        | Тепловое излучение         |                                 |   |
| Ср-1-ПВ        |  | Горение ГВС        |                            |                                 |   |
| Сб-2-ДВ        | Баллон с водородом (V=6,0 м³, Р=14,7 МПа). Разрушение оборудования | Взрыв ГВС          | Ударная волна              | 0,00054                         | 0,00054                                     |
| Сб-2-ОШ        |  | Горение ГВС        | Тепловое излучение         |                                 |   |
| Сб-2-ПВ        |  | Горение ГВС        |                            |                                 |   |

### 3.2 Расчет вероятных зон действия поражающих факторов

Основными поражающими факторами аварий на газовых баллонах являются:

- избыточное давление во фронте воздушной ударной волны, образующейся при расширении газа при разгерметизации оборудования и при сгорании ГВС в открытом пространстве;
- прямое огневое воздействие и тепловой поток с поверхности пламени при горении истекающего газа.

Оценка вероятных зон действия поражающих факторов возможных аварий на опасном производственном объекте проводилась с помощью программного комплекса «ТОКСИ+Risk» версия 4.3.3 на основе следующих методик:

- Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» (утв. Приказом Ростехнадзора № 137 от 31.03.2016 г.);

- Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. Приказом МЧС России № 404 от 10.07.2009 г., зарег. в Минюсте РФ 17.08.2009 г. № 14541) (ред. от 14.12.2010 г.);
- Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» (утв. приказом Ростехнадзора от 11.04.2016 г. № 144);
- Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению параметров их механического действия (РБ Г-05-039-96) (утв. приказом Госатомнадзора от 31.12.1996 г. № 100);
- ГОСТ Р 12.3.047-2012 «ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля»;
- СП 12.13130.2009 «Определение категории помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (утв. Приказом МЧС РФ от 25.03.2009 г. № 182) (ред. от 09.12.2010 г.).

### **3.2.1 Расчет максимальных размеров взрывоопасных зон**

Для обеспечения пожарной безопасности на этапе ликвидации аварии, необходимо иметь представление о границах пожароопасной зоны вокруг аварийной зоны. Внутри этой зоны устанавливается особый противопожарный режим (запрещается использование открытого огня и допускается использование оборудования только во взрывопожаробезопасном исполнении). За начало отсчета горизонтального размера зоны  $K_{НКПР}$  принимают геометрический центр облака ГВС (центр аварийного оборудования).

Радиус  $R_{НКПР}$  (м) и высота  $Z_{НКПР}$  (м) зоны, ограничивающей область концентраций, превышающих нижний концентрационный предел

распространения пламени (далее - НКПР) для горючих газов, при неподвижной воздушной среде определяется по формулам:

$$R_{\text{нкпр}} = 7,8 * \left( \frac{m_{\text{г}}}{\rho_{\text{г}} * C_{\text{нкпр}}} \right)^{0,33} \quad (2)$$

$$z_{\text{нкпр}} = 0,26 * \left( \frac{m_{\text{г}}}{\rho_{\text{г}} * C_{\text{нкпр}}} \right)^{0,33} \quad (3)$$

где  $m_{\text{г}}$  - масса ГГ, поступившего в открытое пространство при пожароопасной ситуации,

кг;

$\rho_{\text{г}}$  - плотность ГГ при расчетной температуре и атмосферном давлении, кг/м<sup>3</sup>;

$C_{\text{нкпр}}$  - нижний концентрационный предел распространения пламени ГГ, % об.

### 3.2.2 Расчет границ зон поражающих факторов пожара (сценарий С-ПВ)

В случае образования газозвушной смеси (ГВС) в незагроможденном технологическом оборудовании пространстве и его зажигании относительно слабым источником (например, искрой) сгорание этой смеси происходит, как правило, с небольшими видимыми скоростями пламени. При этом амплитуды волны давления малы и могут не приниматься во внимание при оценке поражающего воздействия. В этом случае реализуется так называемый пожар-вспышка, при котором зона поражения высокотемпературными продуктами сгорания ГВС практически совпадает с максимальным размером облака продуктов сгорания (т.е. поражаются в основном объекты, попадающие в это облако).

Радиус воздействия высокотемпературных продуктов сгорания газозвушного облака при пожаре-вспышке ПР определяется формулой:

$$R_F = 1,2 * R_{\text{НКПР}} \quad (4)$$

где  $R_{\text{НКПР}}$  -горизонтальный размер взрывоопасной зоны, определяемый по формуле (2)

### 3.2.3 Расчет границ зон поражающих факторов пожара (сценарий С-ОШ)

Интенсивность теплового излучения  $q$ , кВт/м<sup>2</sup>, для огненного шара рассчитывают по формуле:

$$q = E_f * F_q * \tau \quad (5)$$

где  $E_f$  - среднеповерхностная плотность теплового излучения пламени, кВт-м<sup>2</sup>;

$F_q$  - угловой коэффициент облученности;  $\tau$  - коэффициент пропускания атмосферы.

$\tau$  – коэффициент пропускания атмосферы

Значение  $E_f$  принимается на основе имеющихся экспериментальных данных. Допускается принимать  $E_f$  равной 350 кВт/м<sup>2</sup>.

Значение  $F_q$  определяется по формуле:

$$F_q = \frac{D_S^2}{4*(H^2 + r^2)} \quad (6)$$

где  $H$  - высота центра огненного шара, м;

$D_S$ - эффективный диаметр огненного шара, м;

$r$ - расстояние от облучаемого объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром огненного шара, м.

Эффективный диаметр огненного шара  $D_S$  (м) определяется по формуле:

$$D_s = 6,84 * m^{0,325} \quad (7)$$

где m- масса продукта, поступившего в окружающее пространство, кг.

Величину Н допускается принимать равной  $D_s$ .

Время существования огненного шара  $t_s$  (с) определяется по формуле:

$$t_s = 0,852 * m^{0,26} \quad (8)$$

Коэффициент пропускания атмосферы  $\tau$  для огненного шара рассчитывается по формуле:

$$\tau = \exp[-7,0 * 10^{-4} * (\sqrt{r + H^2} - \frac{D_s}{2})] \quad (9)$$

Дозу теплового излучения Q, Дж/м2, рассчитывают по формуле:

$$Q = q * t_s \quad (10)$$

На основании сведений по типичным значениям предельно допустимой интенсивности теплового излучения пожаров по данным СП 12.13130.2009 и типичным значениям предельно допустимой дозы теплового излучения на человека по данным ГОСТ Р 12.3.047-2012 [N], в качестве критериев опасного теплового воздействия пожара приняты значения, представленные в таблицах 6-7-8.

Таблица 6 - Зона действия теплового излучения пламени на персонал

| Степень поражения  | Интенсивность теплового излучения, кВт/м <sup>2</sup> |
|--|---|
| Без негативных последствий в течение длительного   | 1,4   |
| Безопасно для человека в брезентовой одежде  | 4,2   |
| Непереносимая боль через 20-30 с Ожог 1-й степени через 15-20 с Ожог 2-й степени через 30-40 с Воспламенение хлопка-волокна через 15 мин | 7,0   |
| Непереносимая боль через 3-5 с Ожог 1-й степени через 6-8 с Ожог 2-й степени через 12-16 с   | 10,5  |
| Воспламенение древесины с шероховатой поверхностью   | 12,9  |
| Воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по строганой поверхности; воспламенение фанеры                                      | 17,0  |

Таблица 7 - Зона действия теплового излучения пламени на сооружение

| Характер повреждений элементов зданий  | Интенсивность теплового излучения, кВт/м <sup>2</sup> |
|--|---|
| Безопасно для деревянных, металлических конструкций.   | 4,2   |
| Вспучивание краски на окрашенных металлических конструкциях.   | 8,4   |
| Обгорание краски на окрашенных металлических конструкциях.   | 10,5  |
| Загорание резины, ткани  | -   |
| Разрушение стальных конструкций (критическая температура перегрева 300 °С)<br>Через 90 мин<br>Через 30 мин<br>Через 10 мин                             | 30<br>55<br>95  |
| Взрыв резервуаров с нефтепродуктом (температура самовоспламенения менее, 235°С)<br>через 30 мин и более<br>через 20 мин<br>через 10 мин<br>через 5 мин | 19,5<br>21,4<br>27,6<br>34,9                          |

Таблица 8- Предельно допустимая доза теплового излучения при воздействии, «огненного шара» на человека

| Степень поражения | Доза теплового излучения, Дж/м <sup>2</sup> |
|-------------------|---|
| Ожог 1-й степени  | 1,2 * 10 <sup>5</sup>                       |
| Ожог 2-й степени  | 2,2 * 10 <sup>5</sup>                       |
| Ожог 3-й степени  | 3,2 * 10 <sup>5</sup>                       |

### 3.2.4. Расчет границ зон поражающих факторов при взрыве облака ГПВС (сценарий С-ДВ)

Расчет зоны действия поражающих факторов для взрыва газа для каждого из рассматриваемых сценариев аварий произведен с использованием Руководства по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей».

Для расчета использовались следующие данные:

1. Класс горючего вещества (водород) - 1 (особо чувствительные вещества)
2. Вид окружающей территории - 2 (средне загроможденное пространство - отдельно стоящие технологические установки, резервуарный парк)
3. Ожидаемый режим взрывного превращения - дефлаграция, диапазон скорости взрывного превращения - 2 (скорость фронта пламени 300-500 м/с).

Величину избыточного давления  $\Delta P$ , кПа, развиваемого при сгорании топливно-воздушной смеси, определяют по формуле:

$$\Delta P = P_0 * P_x \quad (11)$$

где  $P_0$ - атмосферное давление, кПа (допускается принимать равным 101,3 кПа);

$P_x$ - безразмерное давление, определяемое по формуле:

$$P_x = \left(\frac{V_r}{C_0}\right)^2 * \left(\frac{(\delta-1)}{\delta}\right) * \left(\frac{0,83}{R_x} - \frac{0,14}{R_x^2}\right) \quad (12)$$

где  $V_r$  - скорость видимого фронта пламени, м/с;

$C_0$  - скорость звука в воздухе, равная 340 м/с;

$\delta$  - степень расширения продуктов сгорания, для газовых смесей принимается равной 7;

$R_x$  - безразмерное расстояние от центра облака ГВС, определяемое по формуле:

$$R_x = \frac{r}{(E/P_0)^{1/3}} \quad (13)$$

где  $E$  - эффективный энергозапас горючей смеси, Дж, определяемый по формуле:

$$E = M_r * q_r, \text{ при } C_r \leq C_{ст} \quad (14)$$

где  $M_r$  - масса горючего вещества в облаке, участвующая в создании поражающих факторов взрыва, кг;

$q_r$  - удельная теплота сгорания газа, Дж/кг (для водорода равна 120,9 МДж/кг);

$C_r$ - концентрация горючего вещества в смеси, %об. В случае если определение концентрации горючего вещества в смеси затруднено, в качестве величины  $C_r$  в соотношении принимается концентрация, соответствующая нижнему концентрационному пределу воспламенения горючего газа - для водорода равна 4 %об.);

$C_{ст}$ - стехиометрическая концентрация горючего газа с воздухом, %об. (для водорода равна 29,59 %об.)



Импульс фазы сжатия  $I$ , Па\*с, рассчитывают по формуле:

$$I = \frac{I_x * P_0^{\frac{2}{3}} * E^{1/3}}{C_0} \quad (15)$$

где  $I_x$  - безразмерный импульс фазы сжатия, определяемый по соотношению:

$$I_x = \left(\frac{V_r}{C_0}\right)^2 * \left(\frac{(\delta-1)}{\delta}\right) * \left(1 - \frac{0,4(\delta-1)*V_r}{\delta C_0}\right) * \left(\frac{0,06}{R_x} + \frac{0,01}{R_x^2} - \frac{0,0025}{R_x^3}\right) \quad (16)$$

Для оценки последствий взрывов ГВС допускается применять формулу для определения радиусов зон поражения:

$$r = \frac{KW^{1/3}}{\left(1 + \left(\frac{3180}{W}\right)^2\right)^{1/6}} \quad (17)$$

где  $K$  - коэффициент уровня разрушения зданий определяется согласно таблицы 10.

$W$ -тротиловый эквивалент взрыва, кг, определяемый из соотношения:

$$W = \frac{0,4}{0,9} * \frac{M_r * q_r}{4,5 * 10^6} \quad (18)$$

Для определения радиуса смертельного поражения человека в соотношение 17 следует подставлять величину  $K = 3,8$ .

Таблица 9 - Уровни разрушения зданий

| Категория | Характеристика повреждения здания | Избыточное давление $\Delta P$ , кПа | Коэффициент $K$ |
|-----------|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| A         | Полное разрушение здания          | >100                                 | 3,8             |
| B         | Тяжелые повреждения, здание       | 70                                   | 5,6             |
| C         | Средние повреждения, возможно     | 28                                   | 9,6             |
| O         | Разрушение оконных проемов,       | 14                                   | 28,0            |
| E         | Частичное разрушение остекления   | <2,0                                 | 56              |

Степень разрушения различных административных, производственных зданий и сооружений от воздействия избыточного давления ударной волны приведены в таблице 10.

Таблица 10. Данные о степени разрушения производственных, административных зданий и сооружений, имеющих разную устойчивость:

| Тип зданий, сооружений                          | Разрушение при избыточном давлении на фронте ударной волны, кПа |          |           |         |
|---|---|----------|-----------|---------|
|   | Слабое  | Среднее  | Сильное   | Полное  |
| Промышленные здания с тяжелым металлическим или | 20-30   | 30-40    | 40-50     | >50     |
| Промышленные здания с легким                    | 10-20   | 25-35    | 35-45     | >45     |
| Складские кирпичные здания                      | 10-20   | 20-30    | 30-40     | >40     |
| Одноэтажные складские помещения с металлическим | 5-7   | 7-10     | 10-15     | >15     |
| Бетонные и железобетонные                       | 25-35   | 80-120   | 150-200   | >200    |
| Здания железобетонные                           | 25-45   | 45-105   | 105-170   | 170-215 |
| Котельные, регуляторные                         | 10-15   | 15-25    | 25-35     | 35-45   |
| Деревянные дома                                 | 6-8   | 8-12     | 12-20     | >20     |
| Подземные сети, трубопроводы                    | 400-600   | 600-1000 | 1000-1500 | 1500    |
| Трубопроводы наземные                           | 20  | 50       | 130       | -       |
| Кабельные подземные линии                       | до 800  | -        | -         | 1500    |
| Цистерны для перевозки                          | 30  | 50       | 70        | 80      |
| Резервуары и емкости стальные                   | 35  | 55       | 80        | 90      |
| Подземные резервуары                            | 40  | 75       | 150       | 200     |

Величина избыточного давления на фронте падающей ударной волны принимается безопасной для человека  $\Delta P=5$  кПа. Для определения числа пострадавших рекомендуется принимать значение избыточного давления, превышающее 70 кПа.

Значения критического давления  $\Delta P$ , при которых вероятно травмирование людей, представлены в таблице 11.

Таблица 11 - Зоны действия ударной волны на персонал

| Степень поражения  | Избыточное |
|--|------------|
| Поражение органов дыхания незащищенных людей   |            |
| 50 % выживание   | 243        |
| Порог выживания (при меньших значениях смерт.  | 65,9       |
| Поражение органов слуха человека   |            |
| 100 %-я вероятность разрыва барабанной перепонки   | 400        |
| 50 %-я вероятность разрыва барабанной перепонки  | 103        |
| Нижний порог разрыва барабанной перепонки  | 34,5       |
| Граница временной потери слуха   | 2,0        |
| Поражение человека, находящегося в здании  |            |
| Гибель в результате прямого поражения ударной волной,  | 190        |
| Вероятна гибель либо серьезные повреждения в результате действия взрывной волны, либо при обрушении здания или                                     | 69-76      |
| Гибель или серьезные повреждения барабанных перепонки и легких под действием взрывной волны, либо поражение  | 55         |
| Серьезные повреждения с возможным летальным исходом в результате поражения осколками, развалинами здания,  | 24         |
| Временная потеря слуха или травмы в результате вторичных эффектов взрывной волны, таких, как обрушение зданий, и третичного эффекта переноса тела. | 16         |
| Отсутствие летального исхода или серьезных повреждений.  | 5,9+8,3    |
| Возможны травмы, связанные с разрушением стекол и  |            |

В таблицах 11-13 представлены результаты расчетов параметров зон поражающих факторов при реализации рассматриваемых сценариев на ОПО ООО «Современные источники света».

Таблица 12 - Основные результаты расчета вероятных зон действия поражающего фактора (ударной волны) в результате взрыва ГВС

| Сценарий аварий (обозначение)  | Уровни поражения ударной волной, м |        |        |        |        |
|--------------------------------|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
|                                | >100                               | 70 кПа | 28 кПа | 14 кПа | <2 кПа |
| Дефлаграционный взрыв газа при | 10,5                               | 15,4   | 26,4   | 77,0   | 154,0  |
| Дефлаграционный взрыв газа при | 0,9                                | 1,3    | 2,3    | 6,6    | 13,2   |

Примечание - зоны действия ударной волны на сооружения и на персонал:

- >100 кПа - полное разрушение здания; летальный исход.
  - 70 кПа - тяжелые повреждения, здание подлежит сносу; серьезные повреждения легких, порог выживания;
  - 28 кПа - средние повреждения, возможно восстановление здания; серьезные повреждения тканей, летальный исход возможен;
  - 14 кПа - разрушение оконных проемов, легкобрасываемых конструкций; временная потеря слуха, легкие травмы;
  - <2 кПа - частичное разрушение остекления; возможны осколочные травмы, связанные с разрушением
- стекол и повреждением стен зданий, граница временной потери слуха.

**Таблица 13 - Основные результаты расчета вероятных зон действия поражающего фактора (теплового излучения) в результате огненного шара**

| Сценарий аварий (обозначение)                       | Время существования «огненного шара», с | Эффективный диаметр «огненного шара», м | Доза теплового излучения на расстоянии от аварийного источника, м |                        |                        | Интенсивность теплового излучения на расстоянии от аварийного источника, м |                         |                         |                        |                        |                        |
|---|---|---|---|------------------------|------------------------|--|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|   |   |   | 120 кДж/м <sup>2</sup>  | 220 кДж/м <sup>2</sup> | 320 кДж/м <sup>2</sup> | 17,0 кВт/м <sup>2</sup>  | 12,9 кВт/м <sup>2</sup> | 10,5 кВт/м <sup>2</sup> | 7,0 кВт/м <sup>2</sup> | 4,2 кВт/м <sup>2</sup> | 1,4 кВт/м <sup>2</sup> |
| Огненный шар при разгерметизации ресивера (СР-1-ОШ) | 1,9                                     | 18,6                                    | 11,3  | 7,0                    | -                      | 37,3   | 43,9                    | 49,4                    | 61,6                   | 80,5                   | 138,9                  |
| Огненный шар при разгерметизации баллона (СБ-2-ОШ)  | 0,7                                     | 5,6                                     | -   | -                      | -                      | 11,4   | 13,4                    | 15,1                    | 18,9                   | 24,7                   | 43,3                   |

Примечание:

1) Зоны действия теплового излучения на персонал и оборудование:

- 17,0 кВт/м<sup>2</sup> - воспламенение древесины, окрашенной масляной краской по строганой поверхности' воспламенение фанеры;
- 12,9 кВт/м<sup>2</sup> - воспламенение древесины с шероховатой поверхностью (влажность 12 %) при длительности облучения 15 мин;
- 10,5 кВт/м<sup>2</sup> - непереносимая боль через 3-5 с; ожог 1-й степени через 6-8 с; ожог 2-й степени через 12-16 с;
- 7,0 кВт/м<sup>2</sup> - непереносимая боль через\*20-30 с; ожог 1-й степени через 15-20 с; ожог 2-й степени через 30- 40 с; воспламенение хлопка-волокна через 15 мин;
- 4,2 кВт/м<sup>2</sup> - безопасно для человека в брезентовой одежде;
- 1,4 кВт/м<sup>2</sup> - без негативных последствий в течение длительного времени.

2) Зоны действия теплового излучения на персонал;

- 120 кДж/м<sup>2</sup> - зона ожога первой степени;
- 220 кДж/м<sup>2</sup> - зона ожога второй степени;
- 320 кДж/м<sup>2</sup> - зона ожога третьей степени.

## **4. РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ РИСКА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

### **4.1. Определение вероятностей возникновения рассматриваемых сценариев на ОПО ООО «Современные источники света»**

Для выявления причинно-следственных связей между отдельными событиями сценариев используются логико-графические методы анализа «деревьев событий» [36,42]. Алгоритм построения «дерева событий» состоит в последовательном определении событий, исходящих из основного события (аварийной утечки).

Данный метод позволяет проследить возможные аварийные ситуации, возникающие вследствие реализации отказа оборудования или прерывания процесса, которые выступают в качестве исходных инициирующих событий.

Анализ дерева событий представляет собой «осмысливаемый вперед» процесс, то есть процесс, при котором пользователь начинает с исходного события и рассматривает цепочки последующих событий аварий.

Дерево событий предоставляет возможность в строгой форме записывать последовательности событий и определять взаимосвязи между инициирующими и последующими событиями, сочетание которых приводит к аварии. Наиболее важные из них определяются или путем ранжирования, или путем количественного анализа.

Метод дерева событий хорошо приспособлен для анализа исходных событий, которые могут приводить к различным эффектам. Каждая ветвь дерева событий представляет собой отдельный эффект (последовательность событий), который является точно определенным множеством функциональных взаимосвязей.

Определение вероятностей возникновения отдельных событий сценариев возможных аварий проводится на основе использования статистических данных и метода экспертной оценки по отказам аналогичного оборудования

и аппаратов. При отсутствии необходимой статистики частота реализации исходного события рассчитывалась с помощью графоаналитического метода «дерева отказов» с учетом имеющихся справочных данных по частотам элементарных отказов. Показатели надежности технологического оборудования по данным Руководства по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» (утв. приказом Ростехнадзора от 11.04.2016 г. №144) и СТО Газпром 2-2.3-400-2009 «Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «ГАЗПРОМ» приведены в таблице 14.

Таблица 14

| Аварийное оборудование, событие, тип отказа                              | Вероятность отказа (инцидента), 1/(год*м) |
|--|---|
| Полное разрушение сосуда под давлением с мгновенным выбросом содержимого | $1,0 * 10^{-6}$                           |
| Разрушение сосуда высокого давления                                      | $1,0 * 10^{-7}$                           |

Вероятности реализации различных сценариев развития аварий оценивались с помощью графо-аналитического метода «дерева событий». Статистические и расчетные условные вероятности (частоты) мгновенного воспламенения и воспламенения с задержкой приведены в таблице 15.

Таблица 15.

| Массовый расход истечения, кг/с | Условная вероятность мгновенного воспламенения газа | Условная вероятность последующего воспламенения при отсутствии мгновенного воспламенения газа | Условная вероятность сгорания газа с образованием избыточного давления при образовании горючего газозвушного облака и его последующем воспламенении |
|---------------------------------|---|---|---|
| Полный разрыв                   | 0,200   | 0,240   | 0,600   |

## 4.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РИСКА

Оценка степени риска опасных объектов ООО «СИС» выполнена в соответствии с Руководством по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» [36] и Руководством по оценке пожарного риска для промышленных предприятий [44].

Риск аварии - мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на опасном производственном объекте и тяжесть ее последствий.

Основными количественными показателями риска аварии являются: индивидуальный риск, потенциальный' территориальный риск, коллективный риск, социальный риск.

- Индивидуальный риск - частота поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности аварий;
- Потенциальный территориальный риск (или потенциальный риск) - частота поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке территории;
- Коллективный риск - ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенное время;



Социальный риск, или F/N кривая - зависимость частоты возникновения событий  $P$ , в которых пострадало на определенном уровне не менее  $N$  человек от этого числа  $N$ . Характеризует тяжесть последствий (катастрофичность) реализации опасностей.

Количественные показатели риска рассчитываются на основе методик, описанных в Методике оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности.

#### **4.2.1 Расчет потенциального и индивидуального риска**

Комплексным показателем риска, характеризующим пространственное распределение опасности по объекту и близлежащей территории, является потенциальный территориальный риск - частота реализации поражающих факторов в рассматриваемой точке территории.

Величина потенциального риска  $R_{\text{пот}}$ ,  $\text{год}^{-1}$ , в определенной точке (а) на территории ОПО и в селитебной зоне вблизи него определяется по формуле:

$$R_{\text{пот}} = \sum_{j=1}^J Q_{dj}(a) Q_j \quad 19$$

где  $Q_{dj}(a)$  - условная вероятность поражения человека в определенной точке территории (а) в результате реализации  $j$ -го сценария развития аварии, отвечающего определенному иницирующему событию;

$Q_j$  - частота реализации в течение года  $j$ -го сценария развития аварии,  $\text{год}^{-1}$ ;

$J$  - число сценариев развития аварии.

Потенциальный территориальный, или потенциальный риск не зависит от факта нахождения объекта воздействия (например, человека) в данном месте пространства. Предполагается, что условная вероятность нахождения

объекта воздействия равна 1 (т.е. человек находится в данной точке пространства в течение всего рассматриваемого промежутка времени)

Величина индивидуального риска  $R_{\text{инд}}$ ,  $\text{год}^{-1}$ , для итого работника объекта при его нахождении на территории ОПО определяется по формуле:

$$R_{\text{инд}} = \sum_{j=1}^G q_{ji} P(j) V_{\text{уяз}j} \quad 20$$

где  $P(j)$  - величина потенциального риска в  $j$ -ой области территории,  $\text{год}^{-1}$ ;

$q_{ji}$  - вероятность присутствия  $i$ -того работника в  $j$ -ой области территории (принимается равным 0,5)

$G$  - число областей, на которые можно условно разбить территорию объекта, при условии, что величина потенциального риска на всей площади каждой из таких областей можно считать одинаковой;

$V_{\text{уяз}j}$  - коэффициент уязвимости от термического воздействия человека, находящегося в  $j$ -ой области территории объекта в укрытии (для персонала ОПО принимается равным 1);

В общем случае численно индивидуальный риск выражается отношением числа пострадавших людей к общему числу рискующих за определенный период времени.

Условную вероятность поражения человека избыточным давлением при сгорании газо-, паро-, пылевоздушных смесей на расстоянии  $r$  от эпицентра определяют в следующей последовательности [36]:

1. вычисляют избыточное давление  $\Delta P$  и импульс  $i$ ;
2. исходя из значений  $\Delta P$  и  $i$ , вычисляют величину пробит-функции  $Pr$  по формулам.

а) вероятность повреждений стен промышленных зданий, при которых возможно восстановление зданий без их сноса, может оцениваться по соотношению:

$$Pr_1 = 5 - 0,26 * \ln V_1 \quad (21)$$

$$V_1 = \left( \frac{17500}{\Delta P} \right)^{8,4} + \left( \frac{290}{I} \right)^{9,3} \quad (22)$$

где  $\Delta P$  - избыточное давление, Па;

$I$  - импульс, кг\*м/с;

б) вероятность разрушений промышленных зданий, при которых здания подлежат сносу, оценивается по соотношению:

$$Pr_2 = 5 - 0,22 * \ln V_2 \quad (23)$$

$$V_2 = \left( \frac{40000}{\Delta P} \right)^{7,4} + \left( \frac{460}{I} \right)^{11,3} \quad (24)$$

в) вероятность длительной потери управляемости у людей (состояние нокдауна), попавших в зону действия ударной волны при взрыве облака ТВС, может быть оценена по величине пробит-функции:

$$Pr_3 = 5 - 5,74 * \ln V_3 \quad (25)$$

$$V_3 = \frac{4,2}{p} + \frac{1,3}{i} \quad (26)$$

$$p = 1 + \frac{\Delta P}{P_0} \quad (27)$$

$$i = \frac{I}{P_0^{1/2} * m^{1/3}} \quad (28)$$

где  $m$ - масса тела живого организма, кг;

$P_0$  - атмосферное давление, Па;

г) вероятность разрыва барабанных перепонки у людей от уровня перепада давления в воздушной волне определяется по формуле:

$$Pr_4 = 12,6 + 1,524 * \ln \Delta P \quad (29)$$

д) вероятность отброса человека волной давления оценивается по величине пробит-функции:

$$Pr_5 = 5 - 2,44 * \ln V_5 \quad (30)$$

Величина избыточного давления на фронте падающей ударной волны принимается безопасной для человека  $\Delta P_{\text{ф}} = 5$  кПа. Воздействие на человека ударной волны с избыточным давлением на фронте  $\Delta P_{\text{ф}} > 120$  кПа рекомендуется принимать в качестве смертельного поражения. Для определения числа пострадавших рекомендуется принимать значение избыточного давления, превышающее 70 кПа.

Условная вероятность  $Q_{\text{пн}}$ , - поражения человека тепловым излучением определяется следующим образом [36]:

- рассчитывают тепловое излучение  $q$ ;
- рассчитываются  $P_r$  по формуле:

$$Pr = -12,8 + 2,56 * \ln(tq^{1,33}) \quad (31)$$

где  $t$ - эффективное время экспозиции, с;

$q$  - интенсивность теплового излучения, кВт/м<sup>2</sup>.

Величина эффективного времени экспозиции  $t$  для пожаров проливов и факелов определяют по формуле:

$$t = t_0 + \frac{x_6}{u_{cp}} \quad (32)$$

где  $t_0$  - характерное время, за которое человек обнаруживает пожар и принимает решение о своих дальнейших действиях, (принимается равным 5 с);

$x_6$  - расстояние от места расположения человека до безопасной зоны (зона, где интенсивность теплового излучения не превышает 4 кВт/м<sup>2</sup>), м;

$u_{cp}$  - средняя скорость движения человека к безопасной зоне, м/с (принимается равной 5 м/с).

При использовании пробит-функции в качестве зон стопроцентного поражения принимаются зоны поражения, где значение пробит-функции достигает величины, соответствующей вероятности в 90 %. В качестве зон, безопасных с точки зрения воздействия поражающих факторов, принимаются зоны поражения, где значения пробит- функции достигают величины, соответствующей вероятности в 1 %.

Условная вероятность поражения человека, попавшего в зону непосредственного воздействия пламени пожара принимается равной 1.

Для пожара-вспышки следует принимать, что условная вероятность поражения человека, попавшего в зону воздействия высокотемпературными продуктами сгорания газопаровоздушного облака, равна 1. За пределами этой зоны условная вероятность поражения человека принимается равной 0.

При расчете вероятности поражения человека тепловым излучением рекомендуется учитывать возможность укрытия (например, в здании или за ним)

Результаты расчета потенциального и индивидуального риска на расстоянии 5 м от источника при реализации рассматриваемых сценариев на ОПО ООО «СИС» представлены в таблице 16.

Таблица 16

| Сценарий   | $q/\Delta P/Q_2$<br>(кВт/м <sup>2</sup> /<br>кПа/<br>кДж/м <sup>2</sup> ) | Величина<br>пробит-<br>функции,<br>Pr | Вероятность<br>реализации<br>аварии, 1/год<br>(Q <sub>i</sub> ) | Вероятность -<br>поражения<br>человека<br>(Q <sub>dj(a)</sub> ), % | Потенци-<br>альный<br>риск,<br>1/год<br>(R <sub>nom</sub> ) | Индиви<br>дуальный<br>риск, 1/год<br>(R <sub>инд</sub> ) |
|--|---|---------------------------------------|---|--|---|--|
| Площадка производства предприятия. Площадка установки получения водорода               |   |                                       |   |  |   |  |
| 1. Ресивер для водорода (V=20 м <sup>3</sup> , P=1,2 МПа)                              |   |                                       |   |  |   |  |
| Дефлаграционный взрыв<br>при разрушении ресивера                                       | 133,0   | 1,50                                  | 6,0*10 <sup>-7</sup>  | 0,65 (разрыв<br>барабанных<br>перепонок)                           | 6,5*10 <sup>-7</sup>  | 3,3*10 <sup>-7</sup>                                     |
| Сценарий   | л/ДР/О<br>(кВт/м2/<br>кПа/<br>кДж/м2)                                     | Величина<br>пробит-<br>функции,<br>Pr | Вероятность<br>реализации<br>аварии, 1/год<br>(<3у)             | Вероятность<br>поражения<br>человека<br>(Одj(a)),%                 | Потенци<br>альный<br>риск.<br>1/год<br>(Рпот)               | Индиви<br>дуальный<br>риск.<br>1/год<br>(Ринд)           |
| (сценарий СР-1-ДВ)   |   |                                       |   |  | -   | -  |
| Огненный шар при<br>разрушении ресивера<br>(сценарий СР-1-ОШ)                          | 153,4   | 4,33                                  | 2,4*10 <sup>-7</sup>  | 0,26   |   |  |
| Пожар-вспышка при<br>разрушении ресивера<br>(сценарий СР-1-ПВ)                         | -   | -                                     | 4,2*10 <sup>-6</sup>  | 0,99   |   |  |
| 2. Баллон для водорода (V=6,0 м <sup>3</sup> , P=14,7 МПа)                             |   |                                       |   |  |   |  |
| Дефлаграционный<br>взрыв при разрушении<br>баллона (сценарий С <sub>Б</sub> -<br>2-ДВ) | 16,9  | -                                     | 6,0*10 <sup>-7</sup>  | 0  | 2,0*10 <sup>-8</sup>  | 1,0*10 <sup>-8</sup>                                     |
| Огненный шар при<br>разрушении баллона<br>(сценарий С <sub>Б</sub> -2-ОШ)              | 15,1  | -                                     | 2,4*10 <sup>-8</sup>  | 0  |   |  |
| Пожар-вспышка при<br>разрушении баллона<br>(сценарий С <sub>Б</sub> -2-ПВ)             | -   | -                                     | 1,8*10 <sup>-6</sup>  | 0,99   |   |  |

Из полученных результатов расчета видно, что при реализации рассматриваемых сценариев значения индивидуального риска не превышают допустимые (эксплуатация технологических процессов является недопустимой, если индивидуальный риск больше  $10^{-6}$ ). Согласно Руководству по оценке пожарного риска для промышленных предприятий (утв. ФГУ ВНИИПО МЧС России 17.03.2006.г.) если индивидуальный риск находится в диапазоне от  $10^{-6}$  до  $10^{-4}$  год<sup>-1</sup>, то принимается, что пожарный риск находится в зоне жесткого контроля риска. В этой зоне риск считается допустимым только тогда, когда приняты меры, позволяющие снизить его настолько, насколько это целесообразно. При этом должны выполняться следующие требования:

- нахождение в опасной зоне с высокими значениями потенциального риска ограниченного числа людей в течение ограниченного промежутка времени;
- персонал предприятия должен быть хорошо обучен и готов к действиям по локализации;
- регулярная диагностика оборудования;
- имеется отработанная система оповещения о пожароопасных ситуациях и пожаре.

#### **4.2.2 Расчет социального риска**

Социальный риск характеризует масштаб и вероятность (частоту) аварий и определяется функцией распределения потерь (ущерба), у которой есть установившееся название - F/N кривая. В общем случае в зависимости от задач анализа под N можно понимать и общее число пострадавших, и число смертельно травмированных или другой показатель тяжести последствий.

Ожидаемое число N, погибших людей при реализации I-й ветви логической схемы определяется по формуле:

$$N_j = \sum_{j=1}^J Q_{dij} n_j \quad (33)$$

где J - количество областей, на которые разбита территория ОПО и территория, прилегающая к нему (/ - номер области);

$Q_{dij}$  - условная вероятность поражения человека, находящегося в у-й области, опасными факторами пожара (взрыва) при реализации /-го сценария развития аварии;

$n_j$  - среднее число людей, находящихся в у-й области.

При оценке возможного числа пострадавших при реализации рассматриваемых сценариев на ОПО учитывается численность распределения персонала по производственным участкам и сооружениям, а также учитывается условная вероятность поражения человека в случае возникновения аварийной ситуации.

Оценка возможного числа пострадавших определена с учетом численности распределения персонала по производственным участкам ОПО. Для расчета погибших и пострадавших при авариях принят наиболее неблагоприятный сценарий, поэтому учтен персонал, производящий периодические работы на объектах (ремонтно-профилактические работы, технический осмотр, диагностику оборудования).

Путем построения на плане радиусов возможных поражающих факторов различной интенсивности и нанесением картограммы рабочих мест персонала (наиболее неблагоприятного расположения персонала в момент аварии) определено возможное число погибших при аварии. Результаты вычислений, необходимые для определения социального риска при реализации рассматриваемых сценариев на объектах ООО «Современные источники света» представлены в таблице 17.



Таблица 17

| Сценарий  | $q/\Delta P/O_2$<br>(кВт/м <sup>2</sup> /кПа/<br>кДж/м <sup>2</sup> ) | Расстояние<br>от центра<br>аварии, м | Число<br>человек в<br>зоне | Вероятность<br>поражения<br>человека<br>( $Qdj(a)$ ), % | Ожидаемое<br>число<br>погибших<br>человек |
|---|---|--------------------------------------|----------------------------|---|---|
| <b>Площадка производства предприятия. Площадка установки получения водорода</b>                 |   |                                      |                            |   |   |
| <i>1. Ресивер для водорода (<math>V=20 \text{ м}^3</math>, <math>P=1,2 \text{ МПа}</math>)</i>  |   |                                      |                            |   |   |
| Дефлаграционный взрыв при разрушении ресивера (сценарий С <sub>Р</sub> -1-ДВ)                   | 133,0   | 5                                    | 3                          | 0,65 (разрыв барабанных перепонок)                      | 2   |
| Огненный шар при разрушении ресивера (сценарий С <sub>Р</sub> -1-ОШ)                            | 153,4   | 5                                    | 3                          | 0,26  | 1   |
| Пожар-вспышка при разрушении ресивера   | -   | 5                                    | 3                          | 0,99  | 0   |
| (сценарий С <sub>Р</sub> -1-ПВ)   |   |                                      |                            |   |   |
| <i>2. Баллон для водорода (<math>V=6,0 \text{ м}^3</math>, <math>P=14,7 \text{ МПа}</math>)</i> |   |                                      |                            |   |   |
| Дефлаграционный взрыв при разрушении баллона (сценарий С <sub>Б</sub> -2-ДВ)                    | 16,9  | 5                                    | 3                          | 0   | 1   |
| Огненный шар при разрушении баллона (сценарий С <sub>Б</sub> -2-ОШ)                             | 15,1  | 5                                    | 3                          | 0   | 0   |
| Пожар-вспышка при разрушении баллона (сценарий С <sub>Б</sub> -2-ПВ)                            | -   | 5                                    | 3                          | 0,99  | 0   |

Оценка возможного числа пострадавших определена с учетом численности распределения персонала по производственным участкам ОПО. Для расчета погибших и пострадавших при авариях принят наиболее неблагоприятный сценарий, поэтому учтен персонал, производящий периодические работы на объектах (ремонтно-профилактические работы, технический осмотр, диагностику оборудования) Оценка возможного числа пострадавших проводилась, исходя из следующих допущений:

- общая предполагаемая численность обслуживающего персонала, привлекаемого к работе на ОПО, представлена в табл. 2.1.5;
- травмы легкой степени поражения (легкая общая контузия организма, временное повреждение слуха, ушибы и вывихи конечностей) на открытой площадке могут получить люди, находящиеся в зоне воздействия ударной волны взрыва с давлением 20-40 кПа. Тяжелые

травмы (сильная контузия всего организма, повреждение внутренних органов и мозга, тяжелые переломы конечностей с возможным смертельным исходом) на открытой площадке могут получить люди, находящиеся в зоне воздействия ударной волны взрыва с давлением 60-100 кПа;

- при факельном горении и пожарах колонного типа смертельное поражение персонала возможно только при непосредственном попадании человека в очаг пожара.

Потенциальными пострадавшими от негативного воздействия аварий на трубопроводах являются люди, случайно оказавшихся в момент аварии вблизи аварийного оборудования.

Опасные производственные объекты расположены на территории населенного пункта - г. Томска. В непосредственной близости от местонахождения ОПО объектов других организаций, попадающих в зону действия поражающих факторов, нет. Отсутствуют места массового скопления людей.

Персонал сторонних объектов и организаций не пострадает. Население близлежащих населенных пунктов не пострадает.

Социальный риск задается с помощью функции, значениями которой являются величины, определяющие, что в аварии с пожаром погибло не менее определенного количества человек.

Величина социального риска  $S$ , год<sup>-1</sup> определяется по формуле [36]:

$$S = \sum_{i=1}^L Q(A_j) \quad (34)$$

где  $L$  - число сценариев развития аварии, для которых выполняется условие  $N_i \geq N_0$  ( $N_0$  - число погибших, для которого оценивается величина социального риска. Допускается принимать  $N_0 = 10$ ).

Социальный риск рекомендуется представлять в виде графика ступенчатой функции  $F(x)$ , задаваемой уравнением [36]

$$F(x) = \sum_{j=1}^{N(x)} Q_j^x \quad (35)$$

где  $Q_j^x$  - ожидаемые частоты реализаций аварийных ситуаций, при которых погибнет не менее  $x$  человек;

$N(x)$  – число сценариев, при которых погибнет не менее  $x$  человек.

Анализ социального риска представлен на рисунке ? в виде F/N диаграммы. F/N диаграмма представляет собой зависимость числа пострадавших человек от вероятности реализации рассматриваемого сценария.

*Вероятность пострадавших за год более N чел.*

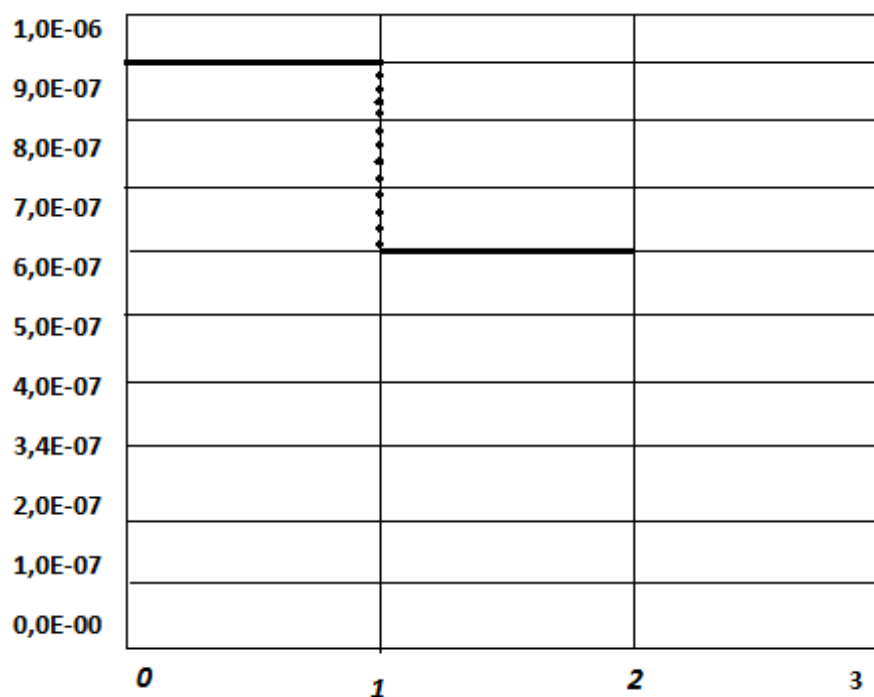


Рисунок 3 «F/N диаграмма»

### 4.2.3 Расчет коллективного риска

Для персонала предприятия в целом имеется ненулевая вероятность гибели части работников при возникновении аварии. Количество погибших в течение определенного периода времени (года) является случайной величиной, зависящей от опасности производства, количества работающих и ряда других факторов.

Коллективный риск - ожидаемое количество пострадавших в результате аварий на объекте за определенный период времени.

Ожидаемый коллективный риск ( $R_{\text{колл}}$ , чел/год) персонала на ОПО определяется по формуле:

$$R_{\text{колл}} = \sum_{j=1}^J (N_{\text{гиб}})_j * Q_j \quad (36)$$

где  $j$  - число сценариев;

$N_{\text{гиб}}$  - ожидаемое число погибших людей;

$Q_j$  - частота реализации в течение года  $j$ -го сценария развития аварии, год<sup>-1</sup>.

В результате получаем, что коллективный риск на ОПО ООО «СИС» равен  $1,50 \cdot 10^{-6}$  чел/год.

Полученные результаты индивидуального, . социального, коллективного, потенциального риска при реализации рассматриваемых сценариев на ОПО были сравнены с данными матрицы «Частота реализации - социальный ущерб» в итоге получилось, что все значения риска расположены в поле «зоны приемлемого риска, нет необходимости в мероприятиях по уменьшению риска».

### 4.3 Оценка возможного ущерба при реализации рассматриваемых сценариев на объектах

В соответствии с Методическими рекомендациями по оценке ущерба на опасных производственных объектах РД 03-496-02, утвержденными постановлением Госгортехнадзора РФ от 29 октября 2002 г. № 63 [37], возможный ущерб от выброса газа может быть выражен в общем виде формулой:

$$P_a = P_{nn} + P_{экол} + P_{ла} + P_{сэ} + P_{нев} + P_{втр} \quad (37)$$

где  $P_a$  - полный возможный ущерб в результате выброса ГГ, руб.;

$P_{nn}$  - прямые потери организации в результате выброса газа, руб.;

$P_{экол}$  - экологический ущерб (ущерб компонентам окружающей природной среды), руб.;

$P_{ла}$  - затраты на проведение работ по локализации/ликвидации аварии, руб.;

$P_{сэ}$  - социально-экономические потери (затраты, понесенные в результате гибели и травматизма людей), руб.;

$P_{нев}$  - косвенный ущерб, руб.;

$P_{втр}$  - потери от выбытия трудовых ресурсов в результате гибели людей или потери ими трудоспособности, руб.

### 4.3.1 Прямые потери организации

Прямые потери от аварии определяются по формуле:

$$P_a = P_{тмц} + P_{им} + P_{оф} \quad (38)$$

где  $P_{тмц}$  - потери предприятия в результате уничтожения (повреждения) товарно-материальных ценностей (продукции, сырья и т.п.), руб.;

$P_{им}$  - потери в результате уничтожения (повреждения) имущества третьих лиц, руб.;

$P_{оф}$  - потери предприятия в результате уничтожения (повреждения) основных фондов (производственных и непроизводственных), руб.

Поврежденными считаются материальные ценности (здания, сооружения, оборудование, продукция, личное имущество и т.д.), которое в результате ремонтно-восстановительных работ после аварии могут быть приведены в состояние, позволяющее их использовать по первоначальному функциональному назначению. В противном случае они считаются уничтоженными.

### 4.3.2 Потери в результате уничтожения имущества третьих лиц

В результате рассматриваемых сценариев повреждения имущества третьих лиц не произойдет, соответственно  $P_{им}=0$  рублей.

### 4.3.3 Потери в результате уничтожения основных фондов

По предоставленным сведениям, организацией балансовая стоимость основных фондов, рассматриваемых ОПО ООО «СИС», которые могут попасть в зону поражающих факторов, равна 2,16 млн.руб.

#### **4.3.4 Экологический ущерб (ущерб компонентам окружающей природной среды)**

Экологический ущерб определяется как сумма ущербов от различных видов вредного воздействия на объекты окружающей природной среды:

$$P_{\text{экол}} = \mathcal{E}_a + \mathcal{E}_в + \mathcal{E}_n \quad (39)$$

где  $\mathcal{E}_a$  - ущерб от загрязнения атмосферы, руб;

$\mathcal{E}_в$  - ущерб от загрязнения водных ресурсов, руб;

$\mathcal{E}_n$  - ущерб от загрязнения почвы, руб.

Постановлением Правительства РФ от 13.09.2016 г. № 913 не предусмотрено взимание платы за возможное загрязнение окружающей среды газом водородом. В результате горения водорода не образуется никаких продуктов, способствующих ухудшению состояния окружающей среды.

#### **4.3.5 Затраты на проведение работ по локализации/ликвидации аварии и расследование аварии**

Затраты на локализацию (ликвидацию) и расследование аварии можно определить по формуле:

$$P_{\text{ла}} = P_{\text{л}} + P_{\text{р}} \quad (40)$$

где  $P_{\text{л}}$  - расходы, связанные с локализацией и ликвидацией последствий аварии, руб.;

$P_{\text{р}}$  - расходы на расследование аварии, руб.

Допускается, что расходы на локализацию, ликвидацию и расследование аварии составят 10 % от прямого ущерба.

#### 4.3.6 Социально-экономические потери (затраты, понесенные в результате гибели и травматизма людей)

Социально-экономические потери возможны при возникновении отягчающих последствий, связанных с воспламенением газовой смеси, образующейся в результате выброса газа, и определяется следующей формулой:

$$\Pi_{сэ} = \Pi_{эн} + \Pi_{эмл} + \Pi_{мн} + \Pi_{ммл} \quad (41)$$

где  $\Pi_{эн}$  - затраты на компенсацию и проведение мероприятий вследствие гибели персонала, руб.;

$\Pi_{эмл}$  - затраты на компенсацию и проведение мероприятий вследствие гибели третьих лиц, руб.;

$\Pi_{мн}$  - затраты на компенсацию и проведение мероприятий вследствие травмирования персонала, руб.;

$\Pi_{ммл}$  - затраты на компенсацию и проведение мероприятий вследствие травмирования третьих лиц, руб.

Затраты, связанные с гибелью персонала газодобывающих объектов определяются по формуле:

$$\Pi_{эн} = (S_{нк} + S_{ног}) * N_{ног} + S_{комн} \quad (42)$$

где  $S_{нк}$  - средний размер пособия в случае смерти кормильца на текущий год, руб.;

$S_{ног}$  - средний размер пособия на погребение одного погибшего на текущий год, руб.;



$S_{комп}$  - компенсационные выплаты родственникам погибших исходя из стоимости среднестатистической жизни человека, руб.;

$N_{пог}$  - число погибших среди персонала при реализации рассматриваемого сценария аварии, чел. Оценка возможного числа погибших при возникновении ЧС выполнена при анализе риска в пункте 3.2.

В России оговорены некоторые компенсационные выплаты в случае смерти человека в рамках социального и обязательного страхования (Куклин А. А., Шипицына С. Ем Нифантова Р. В. «Экономическая оценка жизни человека» - Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2012 ISBN 978-5-94646-399-7). По обязательному страхованию гражданской ответственности владельцев опасного объекта в случае аварии на опасном объекте размер компенсационных выплат равен 2 млн руб. плюс 25 тыс. руб. на погребение [ФЗ-225 от 27.07.2010 г. (ред. от 23.05.2016 г.).].

Затраты, связанные с травмированием персонала, можно вычислить по формуле:

$$\Pi_{zn} = S_g + S_{un} + S_m \quad (43)$$

где  $S_g$  - расходы на выплату пособий по временной нетрудоспособности, руб.;

$S_{un}$  - расходы на выплату пенсий лицам, ставшим инвалидами, руб.;

$S_m$  - расходы, связанные с повреждением здоровья пострадавшего, на его медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию, руб.

При оценке возможного числа пострадавших среди производственного персонала (населения), в результате воздействия на них поражающих факторов учитывались условия размещения людей в зоне поражения. Оценка возможного числа пострадавших при возникновении ЧС выполнена при анализе риска. Компенсационные выплаты (КВ) семьям пострадавших рабочих составляют 60 минимальных оплат труда:

$$KB=60*N*МОП \quad (44)$$

где N - количество пострадавших рабочих, чел;

МОП = 8581 руб. - минимальная оплата труда (с учетом районного коэффициента).

Таким образом, формула (4) примет вид

$$KB=514860*N, \text{ руб}$$

#### **4.3.7 Косвенный ущерб**

Косвенный ущерб вследствие ЧС рекомендуется определять, как сумму недополученной организацией прибыли, сумму израсходованной заработной платы и части условно-постоянных расходов за период аварии и восстановительных работ, убытков, вызванных уплатой различных неустоек, штрафов, пени и пр., а также убытки третьих лиц из-за недополученной прибыли.

В соответствии с Методическими рекомендациями РД 03-496-02 в случае предварительного расчета косвенный ущерб можно оценивать, как упущенную выгоду в размере 30% от прямого ущерба.

#### **4.3.8 Общий ущерб**

Общий ущерб при реализации рассматриваемых сценариев на опасном объекте представлен в таблице 18:

Таблица 18 - Ущерб от аварии на опасных объектах ООО «СИС»

| сценарий  | Величина ущерба, тыс. руб. |                   |                                     |                                |                                    |                 |                             |                     |         |  |
|---|----------------------------|-------------------|-------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|-----------------|-----------------------------|---------------------|---------|--|
|   | Прямой ущерб               | В том числе ущерб | Расходы на ликвидацию (локализацию) | Социально-экономические потери | В том числе гибель (травмирование) | Косвенный ущерб | В том числе для третьих лиц | Экологический ущерб | ИТОГО:  | В том числе ущерб третьим лицам и окружающей |
| <b>Площадка производства предприятия. Площадка установки получения водорода</b>               |                            |                   |                                     |                                |                                    |                 |                             |                     |         |  |
| <i>1. Ресивер для водорода (<math>V=20\text{ м}^3</math>, <math>P=1,2\text{ МПа}</math>)</i>  |                            |                   |                                     |                                |                                    |                 |                             |                     |         |  |
| Ср-1-ДВ   | 1461,02                    | -                 | 146,10                              | 4579,33                        | -                                  | 438,30          |                             | -                   | 6624,76 | -  |
| Ср-1-ОШ   | 37,59                      | -                 | 3,76                                | 2547,10                        | -                                  | 11,28           | -                           | -                   | 2599,72 | -  |
| Ср-1-ПВ   | 37,59                      | -                 | 3,76                                | 514,86                         | -                                  | 11,28           | -                           | -                   | 567,49  | -  |
| <i>2. Баллон для водорода (<math>V=6,0\text{ м}^3</math>, <math>P=14,7\text{ МПа}</math>)</i> |                            |                   |                                     |                                |                                    |                 |                             |                     |         |  |
| Сб-2-ДВ   | 137,42                     | -                 | 13,74                               | 2547,10                        | -                                  | 41,23           | -                           | -                   | 2739,48 | -  |
| Сб-2-ОШ   | 4,31                       | -                 | 0,43                                | 514,86                         | -                                  | 1,29            | -                           | -                   | 520,89  | -  |
| Сб-2-ПВ   | 4,31                       | -                 | 0,43                                | 514,86                         | -                                  | 1,29            | -                           | -                   | 520,89  | -  |

## **5. ВЫВОДЫ С ПОКАЗАТЕЛЯМИ СТЕПЕНИ РИСКА ДЛЯ НАИБОЛЕЕ ОПАСНОГО И НАИБОЛЕЕ ВЕРОЯТНОГО СЦЕНАРИЯ РАЗВИТИЯ ЧС**

### **5.1 Перечень наиболее опасных составляющих на опасных объектах ООО «Современные источники света»**

В результате проведения оценки риска ЧС на ОПО получены показатели риска, оценены возможные масштабы материального ущерба, определены зоны (радиусы) действия основных поражающих факторов.

Наиболее опасными составляющими ОПО является оборудование, в котором содержится водород под давлением: ресивер, газовые баллоны, установка получения водорода.

Смертельное поражение персонала (1-2 чел.) при реализации аварий на оборудовании, входящем в состав ОПО, возможно при проведении осмотра или при проведении ремонтных работ, если авария произойдет именно в месте нахождения персонала.

Наибольшую опасность с точки зрения возможной гибели людей представляют аварии группы сценариев групп ДВ («дефлаграционный взрыв газа») на емкостном оборудовании, содержащем водород, вследствие образования значительной зоны поражения взрывной волной и обломками зданий и сооружений.

### **5.2 Выводы анализа оценки риска для наиболее опасного и наиболее вероятного сценария развития ЧС**

В результате проведения оценки риска ЧС на ОПО ООО «СИС» получены показатели риска, оценены возможные масштабы материального ущерба, определены зоны (радиусы) действия основных поражающих факторов.

По результатам оценок, наиболее опасными и вероятными являются следующие сценарии:

- Сценарий СР-1-ДВ. Взрыв облака ГВС в результате разрушения ресивера с водородом ( $V=20 \text{ м}^3$ ). При развитии аварии по данному сценарию прогнозируется наибольшая зона поражения взрывной волной, максимальный материальный ущерб и наибольшее количество пострадавших. Вероятность реализации данного сценария  $6,0 \cdot 10^{-7}$  1/год. Ожидаемое число погибших - до

2 человек. Ущерб при реализации сценария составил 6624,76 тыс. руб.

- Сценарий СР-1-ОШ. Огненный шар в результате разрушения ресивера с водородом ( $V=20$  м<sup>3</sup>). При развитии аварии по данному сценарию прогнозируется наибольшая зона поражения тепловым излучением. Вероятность реализации данного сценария  $2,4 \cdot 10^{-7}$  1/год. Ожидаемое число пострадавших - до 2 человек, в т.ч. один смертельно. Ущерб при реализации сценария составил 2599,72 тыс. руб.

## **6. РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО СНИЖЕНИЮ РИСКА НА ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ**

Рекомендации для разработки мероприятий по снижению риска на опасных объектах ООО «Современные источники света»

Организационно-технические меры предупреждения аварийности и повышения безопасности на ОПО:

- соблюдение норм и требований при размещении и строительстве зданий, технологических сооружений и сетей инженерного обеспечения;
- правильный выбор технических устройств (технологическое оборудование, аппаратура, средства измерений и контроля, изделия и материалы). Технические устройства должны иметь сертификат соответствия требованиям промышленной безопасности, выданный Росстандартом, и иметь разрешение на применение, выданное Ростехнадзором;
- поддержание в необходимых объемах резервов финансовых и материальных ресурсов, необходимых в целях экстренного привлечения при возникновении чрезвычайных ситуаций;
- обучение и аттестация персонала в области промышленной безопасности.

Под организационно-техническими мерами предупреждения аварийности и повышения безопасности будем понимать такие' технические и организационные мероприятия, которые снижают вероятность возникновения ЧС и размер возможного ущерба от ЧС. Снижения вероятности возникновения ЧС и снижения ущерба можно добиться тремя путями:

- использованием надежной техники и безопасных технологий;
- правильным руководством;
- правильными действиями в чрезвычайной ситуации.

Поэтому организационно-технические меры предупреждения аварийности и повышения безопасности состоят из мероприятий по совершенствованию:

- технологий и технических систем;
- систем организации управления;

- действий в ЧС.

Таким образом, список мер состоит из:

*Технических мероприятий:* цель, которых максимально снизить участие человека в производственном процессе.

*Организационных мероприятий:* цель, которых обеспечить выполнение безопасных процедур работы с газовым оборудованием.

*Мероприятия по подготовке к действиям в ЧС:* цель, которых подготовка персонала и сторонних организаций к совместным действиям по предупреждению локализации и ликвидации аварийной ситуации.

Приведем список предлагаемых мероприятий по исключению «слабых мест» в системе обеспечения безопасности на ОПО и снижение риска аварий:

1. Промышленная безопасность (с учетом требований Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору):
  - проведение своевременного технического освидетельствования оборудования и трубопроводов;
  - организация эффективного контроля за выполнением производственного процесса, нормативно-методических документов и технологических инструкций;
  - организация обучения персонала предприятия в области промышленной безопасности;
  - исключение возможности проведения на оборудовании каких-либо нерегламентированных работ.
2. Пожарная безопасность (с учетом требований Государственного пожарного надзора РФ):
  - организация обучения персонала предприятия мерам пожарной безопасности;
  - соблюдение мер пожарной безопасности при эксплуатации и ремонте трубопроводов и оборудования;
  - обеспечение условий выполнения ФНиП ПБ «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефте–перерабатывающих производств».
3. Эпидемиологическая безопасность (с учетом требований Росприроднадзора):
  - проведение контроля ПДВ на узлах пуска и приема средств очистки и диагностики, на узлах установки арматуры;

- обеспечение эксплуатации территории объекта в соответствии с нормативными документами Госкомсанэпиднадзора.
- 4. Экологическая безопасность (с учетом требований МПР РФ):
  - организация разработки и согласования планов по охране окружающей среды на объекте.
- 5. Защита населения и территории (с учетом требований органов ГО и ЧС Томской области):
  - разработка комплексного плана повышения безопасности предприятия; обеспечение персонала средствами индивидуальной защиты (СИЗ) и оборудование мест хранения (СИЗ)
  - организация занятий с персоналом предприятия по действиям при возникновении аварии;
  - проведение проверок знаний персонала по правилам действия в условиях аварии на предприятии.
- 6. Охрана труда, общественная и личная безопасность (с учетом требований Государственной инспекции труда, УФСБ, УВД по Томской области):
  - организация периодических проверок на герметичность и газопроницаемость противогазов и фильтрующих коробок;
  - организация обучения персонала охране труда в соответствии с постановлением Госкомтруда;
  - обеспечение условий выполнения на объекте требований ПЭЭП (разработка программы производственного обучения электротехнического персонала, образование квалификационной комиссии, осуществление организационных мероприятий по определению ответственных лиц за электрохозяйство, выполнение требований к организации работ);
  - организация пропускного режима на территорию объекта (узла запуска и приема, узлы установки арматуры) граждан и автотранспорта.



- Обеспечение условий для эффективного и непрерывного контроля за охранной зоной объекта;
- Организация непрерывной связи между обходчиками трассы и между дежурным персоналом РИТС.

## **7. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **Введение**

В данном разделе выпускной квалификационной работы будут рассмотрены вредные и опасные факторы при работе на установке для получения водорода методом электролиза воды. Данный раздел выполнен на основе Федеральных Законов, ГОСТов, и положений по охране труда и окружающей среды.

На предприятиях по изготовлению ламп накаливания используется водород, полученный методом электролиза воды. Процесс получения водорода методом электролиза воды является пожаро- и взрывоопасным. Опасность аварий, взрывов и пожаров может возникнуть при нарушениях технологического режима, утечках электролитических газов - водорода и кислорода, их смешении в коллекторах и внутри аппаратов во взрывоопасных соотношениях при проникновении водорода в кислород и кислорода в водород. Входящие в состав производства помещения электролиза воды, очистки и осушки водорода, наружные установки водорода (мокрые газгольдеры), отделения компрессии, наполнения и склады баллонов водорода по степени пожаро- и взрывоопасности относятся к категории А.

Основные факторы, определяющие категорию повышенной опасности при работе на установке для получения водорода методом электролиза воды это:

- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенный уровень шума в рабочей зоне
- воспламеняющиеся газы;
- возможно повышенное содержание водорода в воздухе;
- перепады давления;
- загрязнение воздушной среды в рабочей зоне.

## 7.1 Производственная безопасность

Таблица 19. Опасные и вредные факторы при работе на установке получения водорода методом электролиза.

| Источник фактора, наименование видов работ   | Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)   |  | Нормативные документы  |
|--|---|--|--|
|  | Вредные   | Опасные  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Промывка баков для щелочки перед приготовлением электролита;</li> <li>- Продувка азотом аппаратов и трубопроводов;</li> <li>- Вытеснение воздуха из ресиверов для водорода инертным газом.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>- повышенный уровень шума в рабочей зоне</li> <li>- вредные вещества, способные вызвать отравления и химические ожоги</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- повышенное значение напряжения в электрической цепи;</li> <li>- огнеопасность и взрывоопасность вследствие наличия водорода;</li> </ul> | <p>ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. (Действующий).</p> <p>ГОСТ 12.2.003–91 ССБТ Оборудование производственное. Общие требования безопасности (Действующий)</p> <p>ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (Действующий).</p> <p>ГОСТ 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны» (Действующий).</p> <p>СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. (Действующий)</p> |

### Вредные факторы.

#### 1. Вредные производственные факторы, связанные со световой средой.

Недостаток освещенности на рабочем месте существенно осложняет проведение работ и отрицательно влияет на состояние аппаратчика, приводя к усталости глаз и снижению внимания.

Для устранения данного негативного фактора необходимо использовать дополнительное освещение (дополнительные лампы, переносные светильники), согласно СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. (Действующий).

Таблица 20 - Требования к освещению помещений промышленных предприятий.

| Характеристика зрительной работы | Разряд зрительной работы | Характеристика фона | Искусственное освещение                | Естественное освещение                    |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------|--|---|
|                                  |                          |                     | Освещенность, лк                       | КЕО е <sub>н</sub> , %                    |
|                                  |                          |                     | при системе комбинированного освещения | при верхнем или комбинированном освещении |
| Высокой точности                 | III                      | темный              | 2000                                   | -   |

## 2. Вредные производственные факторы, связанные с повышенным уровнем шума в рабочей зоне.

Еще одним вредным фактором, влияющим на работу оператора, является шум. Шум возникает от работы различного рода установок: преобразовательные агрегаты, установки адсорбционной осушки. Шум негативно влияет на работоспособность оператора, воздействуя на органы слуха, а также сердечно-сосудистую и нервную системы.

Одним из способов борьбы с шумом является применение наушников.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука прописаны в СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Предельно допустимые уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах для трудовой деятельности разных категорий тяжести и напряженности в дБА, указаны в таблице 21.

Таблица 21

| Категории напряженности трудового процесса | Категории тяжести трудового процесса |                             |                        |                        |                        |
|--|--------------------------------------|-----------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
|  | легкая физическая нагрузка           | средняя физическая нагрузка | тяжелый труд 1 степени | тяжелый труд 2 степени | тяжелый труд 3 степени |
| 1  | 2                                    | 3                           | 4                      | 5                      | 6                      |
| Напряженность легкой степени               | 80                                   | 80                          | 75                     | 75                     | 75                     |
| Напряженность средней степени              | 70                                   | 70                          | 65                     | 65                     | 65                     |
| Напряженный труд 1 степени                 | 60                                   | 60                          | -                      | -                      | -                      |
| Напряженный труд 2 степени                 | 50                                   | 50                          | -                      | -                      | -                      |

### Опасные факторы.

К опасным факторам можно отнести такие факторы как:

- механические опасности;
- термические опасности;

Для защиты от поражения электрическим током необходимо применять электрозащитные средства: диэлектрические перчатки, галоши, коврики, указатели напряжения, слесарно-монтажный инструмент с изолирующими рукоятками.

При нахождении в помещениях с технологическим оборудованием (за исключением щитов управления) необходимо носить защитную каску. Аппаратчик должен работать в спецодежде и применять средства защиты, выдаваемые в соответствии с действующими отраслевыми нормами.

В зависимости от характера работ и условий их производства аппаратчику бесплатно временно выдается дополнительная спецодежда и защитные средства для этих условий.

Термические опасности.

Термические опасности могут возникнуть в результате пожаров и взрывов и могут привести к таким травмам как:

- ожоги и ошпаривания, вызванные высокой или низкой температурой;
- общему перегреву организма.

Первая помощь при ожогах заключается в устранении поражающего фактора, охлаждении места ожога и наложении чистой повязки.

## **7.2 Экологическая безопасность.**

Основным недостатком электролизных установок является высокое потребление электрической энергии. Так отечественные электролизеры имеют энергопотребление 5,0 – 5,3 кВт•ч/м<sup>3</sup> H<sub>2</sub>, а лучшие зарубежные образцы – 4,1 – 4,3 кВт•ч/м<sup>3</sup> H<sub>2</sub>. В настоящее время зарубежом возрастает потребление водорода, что привело к возникновению новых фирм, производящих электролизеры нового поколения. Кроме традиционного использования в высокоразвитых странах, на деле осуществляющих защитные мероприятия по охране окружающей среды, возникают совершенно новые направления использования электролизеров, такие как производство водорода на автозаправочных станциях, аккумулярование энергии возобновляемых источников и другие.

Создание новых высокоэффективных электролизеров с КПД более 80% предусмотрено государственными программами НИОКР многих зарубежных стран.

### **7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.**

Газообразный водород относится к горючим взрывоопасным газам. Взрывоопасные смеси водорода с воздухом относятся к категории ПС, группе Т1 по ГОСТ 12.1.0011-78. Смеси водорода с кислородом и воздухом взрывоопасны в широком интервале концентраций водорода. Смесь с хлором (1:1) взрывается на свету, с фтором водород соединяется со взрывом в темноте. Смесь с кислородом (2:1) называется гремучим газом.

Температура самовоспламенения водорода в стальной бомбе, обладающей каталитическим действием, равна 510°C. Удельная теплота сгорания водорода - 120000 кДж/кг. Минимальная энергия, необходимая для воспламенения газовой смеси составляет 0,017 мДж. Скорость распространения взрывной волны в гремучей смеси ( $2\text{H}_2 + \text{O}_2$ ) может достигнуть 2864 м/с.

При возникновении пожара в помещении электролизной установки или около ресивера необходимо:

- немедленно отключить электролизеры;
- вызвать пожарную команду по телефону;
- прекратить подачу водорода в ресиверы закрытием соответствующих вентилей;
- уменьшить давление в аппаратах электролизной установки и подать в них азот.

В случае утечки водорода через неплотности и его воспламенения необходимо сбить пламя асбестовой тканью, отключить установку и продуть ее азотом.

### **7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В производственных зданиях по производству водорода, расположенных смежно с взрывоопасными производствами категории А,

допускается размещать следующие вспомогательные и подсобно-производственные помещения:

- санузлы, душевые, курительные;
- комнату для приема пищи;
- комнаты для хранения дежурной спецодежды;
- помещения экспресс - лабораторий общей площадью, не превышающей 36 м<sup>2</sup>, и с численностью персонала не более пяти человек в смену;
- помещения для дежурного цехового персонала, инженера, механика, мастера (1-2 комнаты не более 20 м<sup>2</sup>), кабинет начальника, комнаты ремонтного персонала (дежурного слесаря, электрика, прибориста) общей площадью не более 20 м<sup>2</sup> без станочного и сварочного оборудования;
- кладовые хозяйственного инвентаря, ЗИП и вспомогательных материалов, а также другие подсобно-производственные помещения без наличия рабочих мест.

Аппаратчик электролизной установки относится к профессиям с вредными условиями труда, работа в которых даёт право на дополнительный отпуск и сокращенный рабочий день (постановление от 25 февраля 2000 г. N 163 «Об утверждении перечня тяжелых работ и работ с вредными или опасными условиями труда, при выполнении которых запрещается применение труда лиц моложе восемнадцати лет»)



## **8. «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

### **8.1 Анализ конкурентных технических решений**

Конкуренцию в экономической сфере можно определить так – «соперничество субъектов рыночных отношений за наилучшие условия коммерческой деятельности». Если брать в расчет более глобальные смыслы, можно сформулировать понятие конкуренции как борьбу за покупателя. Поэтому все аспекты конкурентной среды и конкурентные преимущества – это принципиальные показатели, отличающие одну фирму от других и позволяющие обратить на себя внимание клиентов.

На предприятиях по изготовлению ламп накаливания используется водород, полученный методом электролиза воды. Процесс получения водорода методом электролиза воды является пожаро- и взрывоопасным. Опасность аварий, взрывов и пожаров может возникнуть при нарушениях технологического режима, утечках электролитических газов - водорода и кислорода, их смешении в коллекторах и внутри аппаратов во взрывоопасных соотношениях при проникновении водорода в кислород и кислорода в водород. Входящие в состав производства помещения электролиза воды, очистки и осушки водорода, наружные установки водорода (мокрые газгольдеры), отделения компрессии, наполнения и склады баллонов водорода по степени пожаро- и взрывоопасности относятся к категории А.

Помещения категории А следует, если это допускается требованиями технологии, размещать у наружных стен, а в многоэтажных зданиях - на верхних этажах.

В противопожарных преградах, отделяющих помещения категорий А от помещений других категорий, коридоров, лестничных клеток и лифтовых

холлов, следует предусматривать тамбур-шлюзы с постоянным подпором воздуха по Своду правил «Отопление, вентиляция, кондиционирование. Противопожарные требования. Устройство общих тамбур-шлюзов для двух помещений и более указанных категорий не допускается» (СП 7.13130.2009).

Устройство общих тамбур-шлюзов для двух помещений и более указанных категорий не допускается.

При невозможности устройства тамбур-шлюзов в противопожарных преградах, отделяющих помещения категорий А от других помещений, или дверей, ворот, люков и клапанов - в противопожарных преградах, отделяющих помещения категории В от других помещений, следует предусматривать комплекс мероприятий по ограничению распространения пожара и проникания горючих газов, паров легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, пылей, волокон, способных образовывать взрывоопасные концентрации, в смежные этажи и помещения. Эффективность этих мероприятий должна быть обоснована.

В качестве противопожарных преград помимо противопожарных стен применяют также перегородки, перекрытия, двери и ворота, люки, тамбур-шлюзы и окна. Эти преграды также сооружаются из материалов с определенным пределом огнестойкости согласно требованиям СНИП. Для дверей, окон и ворот в противопожарных стенах минимальный предел огнестойкости должен быть 1,2, для противопожарных перегородок и перекрытий 0,75, для противопожарных дверей и окон в противопожарных перегородках 0,6 ч.

Задачи исследования:

- 1) изучение актуальной нормативной документации по обеспечению пожарной безопасности на предприятиях РФ;
- 2) анализ соответствия системы пожарной безопасности современным требованиям законодательства РФ;

Основными, нерешенными в полном объеме, проблемами в системе пожарной безопасности являются:

- обеспечение быстрой и своевременной эвакуации людей из зданий и сооружений предприятия;

- огнестойкость металлических несущих конструкций и лестничных маршей;

- использование отдельных элементов устаревшего оборудования в системе автоматической пожарной сигнализации с учетом типа помещения.

В данной работе будет рассмотрена возможность замены и установки противопожарных дверей, в оценочной карте приведены конкурентные характеристики.

Описание:

1. Противопожарные двери Торэкс Двупольные с остеклением 2ДП-1С, стоимостью 21295 рублей.

Размерная градация сертифицированных двупольных противопожарных дверей огнестойкостью EI-60 (60 минут):

высота: 1400-2350 мм

ширина: 1000-1750 мм

- Полотно двери - коробчатой конструкции
- Заполнение полотна - плита теплоизоляционная огнестойкая
- 2 контура уплотнителя - резиновый от холодного дыма и терморасширяющийся от горячего дыма
- Петли с упорным подшипником
- Покрытие: порошково-полимерное.

2. Противопожарные двери «Сталь-Сервис» ДМП-EI-60-2 двупольные, стоимостью 18700 рублей, огнестойкость EI-60.

Высота 1380\*2050

ширина 1280\*2050

- Толщина металла: 1,2 мм;
- Толщина полотна: 50-60 мм;

- Глубина короба: 70-90 мм;
- Конструкция полотна: цельногнутое с одним или двойным притвором;
- Покрытие: порошково-полимерное.

3.Противопожарные двери «Сталь Групп» двупольные, стоимостью 24600 рублей, огнестойкость EI-60.

Стандартный размер 2050×1600 мм.

- Технология изготовления: каркас двери (коробка) – многоконтурный профиль,
- полотно двери – технология изготовления «сендвич»;
- Используемая сталь: холоднокатаный лист толщиной от 1-1,5 мм
- Покрытие: порошковое напыление антивандальное (PULVER, Турция);

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений по  
установке противопожарных дверей.

| Критерии оценки   | Вес критерия | Баллы  |              |             | Конкурентоспособность |            |             |
|---|--------------|--------|--------------|-------------|-----------------------|------------|-------------|
|   |              | Торекс | Сталь-сервис | Сталь Групп |                       |            |             |
| 1   | 2            | 3      | 4            | 5           | 6                     | 7          | 8           |
| <b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b> |              |        |              |             |                       |            |             |
| 1. Огнестойкость двери                                  | 0,25         | 5      | 5            | 5           | 1                     | 1          | 1           |
| 2. Нераспространение горения                            | 0,15         | 1      | 4            | 4           | 0,15                  | 0,6        | 0,6         |
| 3. Надежность   | 0,15         | 2      | 5            | 3           | 0,3                   | 0,75       | 0,45        |
| 4. Температурный диапазон                               | 0,1          | 2      | 5            | 4           | 0,2                   | 0,5        | 0,4         |
| <b>Экономические критерии оценки эффективности</b>      |              |        |              |             |                       |            |             |
| 1.Стоимость   | 0,3          | 3      | 5            | 1           | 0,9                   | 1,2        | 0,3         |
| 2. Срок службы  | 0,05         | 4      | 3            | 4           | 0,1                   | 0,25       | 0,2         |
| <b>Итого</b>  | <b>1</b>     |        |              |             | <b>2,65</b>           | <b>4,3</b> | <b>2,95</b> |

Анализ конкурентных технических решений:

$$K = \sum B_i \cdot B_i , \quad (45)$$

Где:

$K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$ – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$ – балл  $i$ -го показателя.

**Вывод:** в результате проведенного анализа конкурентных технических решений, мы выяснили, что наиболее конкурентоспособной разработкой на рынке противопожарных дверей являются двери «Сталь-Групп». Основным плюсом данных дверей является огнестойкость.

## 8.2 Планирование научно-исследовательских работ. Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 22 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы                                 | № раб | Содержание работ  | Должность исполнителя |
|--|-------|---|-----------------------|
| Разработка технического задания                | 1     | Составление и утверждение технического задания                                | Научный руководитель  |
|  | 2     | Выдача задания по тематике проекта  | Научный руководитель  |
| Выбор направления исследований                 | 3     | Определение целей и задач проекта   | Бакалавр              |
|  | 4     | Определение структуры, этапов и сроков разработки проекта                     | Бакалавр              |
|  | 5     | Подборка литературы по тематике работы  | Бакалавр              |
| Теоретические и экспериментальные исследования | 6     | Сбор материалов   | Бакалавр              |
|  | 7     | Проведение теоретических обоснований  | Бакалавр              |
|  | 8     | Проведение расчетов   | Бакалавр              |
|  | 9     | Анализ полученных результатов   | Бакалавр              |
| Обобщение и оценка полученных результатов      | 10    | Согласование полученных данных с научным руководителем                        | Научный руководитель  |
|  | 11    | Доработка (корректировка) проекта с учетом рекомендаций научного руководителя | Бакалавр              |
|  | 12    | Работа над выводами   | Бакалавр              |
|  | 13    | Составление пояснительной записки к работе                                    | Бакалавр              |

### 8.3 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (46)$$

где  $t_{\text{ож}i}$ —ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\text{mini}}$ —минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\text{max}i}$ —максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 1-ого этапа работы:

$$\frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 1}{5} = 1 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 2-ого этапа работы:

$$\frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 3-ого этапа работы:

$$\frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 4-ого этапа работы:

$$\frac{3*1+2*4}{5} = 2,2 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 5-ого этапа работы:

$$\frac{3*2+2*5}{5} = 3,2 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 6-ого этапа работы:

$$\frac{3*5+2*10}{5} = 7 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 7-ого этапа работы:

$$\frac{3*5+2*10}{5} = 7 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 8-ого этапа работы:

$$\frac{3*2+2*5}{5} = 3,2 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 9-ого этапа работы:

$$\frac{3*1+2*3}{5} = 1,8 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 10-ого этапа работы:

$$\frac{3*1+2*2}{5} = 1,4 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 11-ого этапа работы:

$$\frac{3*5+2*10}{5} = 7 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 12-ого этапа работы:

$$\frac{3*1+2*2}{5} = 1,4 \text{ чел.-дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости на выполнение 13-ого этапа работы:

$$\frac{3*2+2*5}{5} = 3,2 \text{ чел.-дн.}$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65%.



$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i}, \quad (47)$$

где  $T_{pi}$ —продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожi}$ —ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ —численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Продолжительность 1-ого этапа:

$$\frac{1}{1} = 1 \text{ раб. дн. ;}$$

Продолжительность 2-ого этапа:

$$\frac{1,4}{1} = 1,4 \text{ раб. дн. ;}$$

Продолжительность 3-ого этапа:

$$\frac{1,4}{1} = 1,4 \text{ раб. дн. ;}$$

Продолжительность 4-ого этапа:

$$\frac{2,2}{1} = 2,2 \text{ раб. дн. ;}$$

Продолжительность 5-ого этапа:

$$\frac{3,2}{1} = 3,2 \text{ раб. дн. ;}$$

Продолжительность 6-ого этапа:

$$\frac{7}{1} = 7 \text{ раб. дн. ;}$$

Продолжительность 7-ого этапа:

$$\frac{7}{1} = 7 \text{ раб. дн. ;}$$

Продолжительность 8-ого этапа:

$$\frac{3,2}{1} = 3,2 \text{ раб. дн. ;}$$

Продолжительность 9-ого этапа:

$$\frac{1,8}{1} = 1,8 \text{ раб. дн. ;}$$

Продолжительность 10-ого этапа:

$$\frac{1,4}{2} = 0,7 \text{ раб. дн.};$$

Продолжительность 11-ого этапа:

$$\frac{7}{2} = 3,5 \text{ раб. дн.};$$

Продолжительность 12-ого этапа:

$$\frac{1,4}{2} = 0,7 \text{ раб. дн.};$$

Продолжительность 13-ого этапа:

$$\frac{3,2}{2} = 1,6 \text{ раб. дн.}$$

#### 8.4 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{ri} \times k_{\text{кал}}, \quad (48)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{ri}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (49)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности в 2018 году составил:

$$\frac{365}{365 - 104 - 18} = \frac{365}{243} = 1,5$$

Продолжительность выполнения 1-ого этапа в календарных днях:

$$1 * 1,5 = 1,5 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 2-ого этапа в календарных днях:

$$1,4 * 1,5 = 2,1 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 3-ого этапа в календарных днях:

$$1,4 * 1,5 = 2,1 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 4-ого этапа в календарных днях:

$$2,2 * 1,5 = 3,3 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 5-ого этапа в календарных днях:

$$3,2 * 1,5 = 4,8 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 6-ого этапа в календарных днях:

$$7 * 1,5 = 10,5 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 7-ого этапа в календарных днях:

$$7 * 1,5 = 10,5 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 8-ого этапа в календарных днях:

$$3,2 * 1,5 = 4,8 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 9-ого этапа в календарных днях:

$$1,8 * 1,5 = 2,7 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 10-ого этапа в календарных днях:

$$0,7 * 1,5 = 1,05 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 11-ого этапа в календарных днях:

$$3,5 * 1,5 = 5,25 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 12-ого этапа в календарных днях:

$$0,7 * 1,5 = 1,05 \text{ кал. дн.}$$

Продолжительность выполнения 13-ого этапа в календарных днях:

$$1,6 * 1,5 = 2,4 \text{ кал. дн.}$$

Полученные значения сведем в таблицу.














Таблица 23 - Временные показатели проведения  
научного исследования

| Название<br>работы  | Трудоёмкость работ |            |           | Исполнители          | Длительность<br>работ в<br>рабочих днях<br>$T_{pi}$ | Длительность<br>работ в<br>календарных<br>днях<br>$T_{ki}$ |
|---|--------------------|------------|-----------|----------------------|---|--|
|   | $t_{mini}$         | $t_{maxi}$ | $t_{ожи}$ |                      |   |  |
| Составление и утверждение технического задания            | 1                  | 1          | 1         | Научный руководитель | 1   | 1,5  |
| Выдача задания по тематике проекта                        | 1                  | 2          | 1,4       | Научный руководитель | 1,4   | 2,1  |
| Определение целей и задач проекта                         | 1                  | 2          | 1,4       | Бакалавр             | 1,4   | 2,1  |
| Определение структуры, этапов и сроков разработки проекта | 1                  | 4          | 2,2       | Бакалавр             | 2,2   | 3,3  |
| Подборка литературы по тематике работы                    | 2                  | 5          | 3,2       | Бакалавр             | 3,2   | 4,8  |
| Сбор материалов   | 5                  | 10         | 7         | Бакалавр             | 7   | 10,5   |
| Проведение теоретических обоснований                      | 5                  | 10         | 7         | Бакалавр             | 7   | 10,5   |

|   |   |    |     |                      |     |      |
|---|---|----|-----|----------------------|-----|------|
| Проведение расчетов   | 2 | 5  | 3,2 | Бакалавр             | 3,2 | 4,8  |
| Анализ полученных результатов   | 1 | 3  | 1,8 | Бакалавр             | 1,8 | 2,7  |
| Согласование полученных данных с научным руководителем                        | 1 | 2  | 1,4 | Научный руководитель | 0,7 | 1,05 |
| Доработка (корректировка) проекта с учетом рекомендаций научного руководителя | 5 | 10 | 7   | Бакалавр             | 3,5 | 5,25 |
| Работа над выводами   | 1 | 2  | 1,4 | Бакалавр             | 0,7 | 1,05 |
| Составление пояснительной записки к работе                                    | 2 | 5  | 3,2 | Бакалавр             | 1,6 | 2,4  |

На основе таблицы построен календарный план-график. График был построен для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта, на основе таблицы с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы студента выделены желтым, работы руководителя синим цветом.

Таблица 24 «Календарный план-график проведения НИОКР по теме»

|    | Вид работ   | Исполнители          | $T_{ki}$ , кал.дн | должительность выполнения работ   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
|----|---|----------------------|-------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
|    |   |                      |                   | февраль   |   |   | март  |   | апрель  |   | май   |   |   |   |  |
|    |   |                      |                   | 1   | 2   | 3   | 1   | 2   | 2   | 3   | 1   | 2   | 3   |   |  |
| 1  | Составление и утверждение технического задания            | Научный руководитель | 2                 |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 2  | Выдача задания по тематике проекта                        | Научный руководитель | 2                 |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 3  | Определение целей и задач проекта                         | Бакалавр             | 2                 |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 4  | Определение структуры, этапов и сроков разработки проекта | Бакалавр             | 3                 |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 5  | Подборка литературы по тематике работы                    | Бакалавр             | 5                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 6  | Сбор материалов   | Бакалавр             | 11                |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |   |  |
| 7  | Проведение теоретических обоснований                      | Бакалавр             | 11                |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |   |  |
| 8  | Проведение расчетов                                       | Бакалавр             | 5                 |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |   |  |
| 9  | Анализ полученных результатов                             | Бакалавр             | 3                 |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |   |  |
| 10 | Согласование полученных данных с научным руководителем    | Научный руководитель | 1                 |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |   |  |
| 11 | Доработка проекта   | Бакалавр             | 5                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |  |
| 12 | Работа над выводами                                       | Бакалавр             | 1                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |   |  |
| 13 | Составление пояснительной записки к работе                | Бакалавр             | 2                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |

### 8.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

### 8.6 Расчет материальных затрат НТИ

Для выполнения данного научного исследования необходимы материалы, которые указаны в таблице 25.

Таблица 25» Материальные затраты»

| Наименование                    | Единица измерения | Количество | Цена за ед., руб. | Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб. |
|---------------------------------|-------------------|------------|-------------------|---|
| Заправка картриджа для принтера | шт.               | 1          | 415               | 415   |
| Бумага для печати формат А4     | шт.               | 2          | 215               | 430   |
| Канцтовары                      | шт.               | 1          | 180               | 180   |
| <b>Итого</b>                    |                   |            |                   | <b>1025</b>                                   |

## **8.7 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ**

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблицу 26

Таблица 26 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

| Наименование оборудования | Единица измерения | Цена за ед./руб. | Затраты на материалы $З_{\text{м.}}$ /руб. |
|---------------------------|-------------------|------------------|--|
| Ноутбук «ASUS VivoBook»   | 1 шт.             | 20999            | 20999                                      |
| Принтер «Brother HL»      | 1 шт.             | 6950             | 6950                                       |
| ИТОГО                     |                   |                  | 27949                                      |

## **8.8 Основная заработная плата исполнителей темы**

Заработная плата научного руководителя и студента включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}, \quad (49)$$

где  $З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$З_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата (15 % от  $З_{\text{осн}}$ ).

Основная заработная плата ( $З_{\text{осн}}$ ) научного руководителя и студента рассчитана по следующей формуле:

$$З_{\text{осн}} = З_{\text{дн}} + Т_{\text{р}}, \quad (50)$$

где  $З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$Т_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;



$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}}, \quad (51)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб.дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб.дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Таблица 27 «Баланс рабочего времени»

| Показатели рабочего времени                  | Научный руководитель | Бакалавр |
|--|----------------------|----------|
| Календарное число дней                       | 365                  | 365      |
| Количество нерабочих дней                    |                      |          |
| - выходные дни                               | 52                   | 104      |
| - праздничные дни                            | 19                   | 18       |
| Потери рабочего времени                      |                      |          |
| - отпуск                                     | 48                   | 24       |
| - невыходы по болезни                        | -                    | -        |
| Действительный годовой фонд рабочего времени | 246                  | 219      |

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}}, \quad (52)$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент;

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент.

Месячный должностной оклад научного руководителя, руб.:

$$27500 * (1 + 0,3 + 0,2) * 1,3 = 53625 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад бакалавра, руб.:

$$3600 * (1 + 1 + 1) * 1,3 = 14040 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата научного руководителя, руб.:

$$\frac{53625 * 10,4}{246} = 2267,07 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата бакалавра, руб.:

$$\frac{14040 * 11,2}{219} = 718,03 \text{ руб.}$$

Рассчитаем рабочее время:

Руководитель: Т<sub>р</sub>=5раб.дней

Студент: Т<sub>р</sub>=36раб.дней

Основная заработная плата научного руководителя составила:

$$2267,07 * 5 = 11335,35 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата бакалавра составила:

$$718,03 * 36 = 25849,08 \text{ руб.}$$

Таблица 28 «Расчет основной заработной платы научного руководителя  
и студента»

| Исполнители             | З <sub>тс</sub> ,<br>руб. | к <sub>пр</sub> | к <sub>д</sub> | к <sub>р</sub> | З <sub>м</sub> ,<br>руб. | З <sub>дн</sub> ,<br>руб. | Т <sub>р</sub> ,<br>раб.<br>дн. | З <sub>осн</sub> , руб. |
|-------------------------|---------------------------|-----------------|----------------|----------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| Научный<br>руководитель | 27500                     | 0,3             | 0,2            | 1,3            | 53625                    | 2267,07                   | 5                               | 11335,35                |
| Бакалавр                | 3600                      | 1               | 1              | 1,3            | 14040                    | 718,03                    | 36                              | 25849,08                |
| Итого З <sub>осн</sub>  |                           |                 |                |                |                          |                           |                                 | 37184,43                |

### 8.9 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times З_{\text{осн}} \quad (53)$$

где  $З_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты, 0,15;

$З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

Таблица 29 «Дополнительная заработная плата исполнителей НТИ»

| Заработная плата        | Научный руководитель | Бакалавр |
|-------------------------|----------------------|----------|
| Основная зарплата       | 11335,35             | 25849,08 |
| Дополнительная зарплата | 1360,2               | -        |
| Итого, руб.             | 38544,63             |          |

### 8.10 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (54)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2018 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2018 году водится пониженная ставка – 27,1%.

$$0,271 \times (37184,43 + 1360,24) = 10446 \text{ руб.}$$

### 8.11 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$\text{Знакл} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \times k_{\text{нр}}, \quad (55)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов примем в размере 16%.

Накладные расходы научного руководителя:

$$16136,59 \times 0,16 = 2581,85 \text{ руб.}$$

Накладные расходы бакалавра:

$$69174,18 \times 0,16 = 11067,87 \text{ руб.}$$

### 8.12 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанные выше величины затрат научно-исследовательской работы представляет собой основу формирования бюджета затрат проекта. В таблице 30 отражены сводные показатели, которые формируют бюджет затрат ВКР.

Таблица 30 «Расчет бюджета затрат НТИ»

| Наименование статьи   | Сумма, руб           |          | Примечание  |
|---|----------------------|----------|-------------|
|   | Научный руководитель | Бакалавр |             |
| 1. Материальные затраты НТИ                                     | -                    | 33320,10 | Пункт 3.4.1 |
| 2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы       | 11335,35             | 25849,08 | Пункт 3.4.3 |
| 3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы | 1360,2               | -        | Пункт 3.4.4 |

|   |          |          |                         |
|---|----------|----------|-------------------------|
| 4. Отчисления во внебюджетные фонды                   | 3441     | 7005     | Пункт 3.4.5             |
| 5. Затраты на научные и производственные командировки | -        | 3000     | Пункт 3.4.6             |
| 6. Накладные расходы                                  | 2581,85  | 11067,87 | 16% от суммы<br>ст. 1-7 |
| 7. Бюджет затрат НТИ                                  | 18718,44 | 80242,05 | Сумма ст. 1- 8          |

Для выполнения данной исследовательской работы необходимо провести 13 ключевых этапов, позволяющие построить диаграмму Ганта, которая наглядно отражает продолжительность исследования. Общая продолжительность исследования составила 53 дня. Проведенный расчет стоимости НТИ показал, что общая стоимость составляет 98961 рубль.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы были рассмотрены основные сценарии развития событий на опасном производственном объекте ООО «Современные источники света». В качестве объекта изучения была взята установка для производства водорода методом электролиза воды.

Произведен анализ и расчет рисков возникновения ЧС, а также затраты на их ликвидацию. В результате проведения оценки риска ЧС на ОПО ООО «СИС» получены показатели риска, оценены возможные масштабы материального ущерба, определены зоны (радиусы) действия основных поражающих факторов.

По результатам оценок, наиболее опасными и вероятными являются следующие сценарии:

- Сценарий СР-1-ДВ. Взрыв облака ГВС в результате разрушения ресивера с водородом. При развитии аварии по данному сценарию прогнозируется наибольшая зона поражения взрывной волной, максимальный материальный ущерб и наибольшее количество пострадавших. Вероятность реализации данного сценария  $6,0 \cdot 10^{-7}$  1/год. Ожидаемое число погибших - до 2 человек. Ущерб при реализации сценария составил 6624,76 тыс. руб.
- Сценарий СР-1-ОШ. Огненный шар в результате разрушения ресивера с водородом ( $V=20$  м<sup>3</sup>). При развитии аварии по данному сценарию прогнозируется наибольшая зона поражения тепловым излучением. Вероятность реализации данного сценария  $2,4 \cdot 10^{-7}$  1/год. Ожидаемое число пострадавших - до 2 человек, в т.ч. один смертельно. Ущерб при реализации сценария составил 2599,72 тыс. руб.

Как итог проведенной оценки риска на ОПО ООО «СИС», можно сделать следующие выводы:

- Из расчетов видно, что риск персонала является приемлемым;
- Выход поражающих факторов за санитарно-защитную зону рассматриваемого опасного объекта при авариях, является маловероятным и не угрожает окружающим объектам;
- Для снижения показателей риска ЧС необходимо внедрение противоаварийных и противопожарных мероприятий.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ**

Федеральные законы:

1. «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.12.1994 г. № 68-ФЗ (ред. от 02.05.2015 г.)
2. «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ (ред. от 13.07.2015 г.);
3. «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ (ред. от 13.07.2015 г.);
4. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ (ред. от 13.07.2015 г.);
5. «Об особо охраняемых природных территориях» от 14.03.1995 г. № 33-ФЗ (ред. от 13.07.2015 г.);
6. «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 г. №69-ФЗ (ред. от 13.07.2015 г.);

Постановления Правительства Российской Федерации и др.:

7. «О подготовке населения в области защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 04.09.2003 г. № 547 (ред. от 09.04.2015 г.);
8. «О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21.05.2007 г. № 304 (ред. от 17.05.2011 г.);
9. «О порядке создания и использования резервов материальных ресурсов для ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 10.11.1996 г. № 1340;



10. «Об утверждении порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение окружающей природной среды, размещение отходов, другие виды вредного воздействия» от 28.08.1992 г. № 632 (ред. от 26.12.2013 г.);
11. «О специально уполномоченных государственных органах РФ в области охраны окружающей природной среды» от 30.12.1998 г. № 1594 (ред. от 17.12.2001 г.);
12. «Об утверждении Правил представления декларации промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 11.05.1999 г. № 526 (ред. от 21.06.2013);
13. «О порядке финансирования мероприятий по предупреждению и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на промышленных предприятиях, в строительстве и на транспорте» от 26.08.1994 г. № 989 (ред. от 13.07.2004 г.);
14. «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления» от 12.06.2003 г. № 344 (ред. от 24.12.2014 г.);
15. «О лицензировании эксплуатации взрывопожароопасных и химически опасных производственных объектов I, II и III классов опасности» от 10.06.2013 г. № 492 (ред. от 15.04.2014 г.);
16. «Об организации лицензирования отдельных видов деятельности» от 21.11.2011 г. № 957 (ред. от 28.04.2015 г.);
17. «О противопожарном режиме» от 25.04.2012 г. № 390 (ред. от 06.03.2015 г.);

18. Приказ МЧС РФ «Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта» от 04.11.2004 г. № 506;

19. Требования к ведению государственного реестра опасных производственных объектов в части присвоения наименований опасным производственным объектам для целей регистрации в государственном реестре опасных производственных объектов (утв. приказом Ростехнадзора от 07.04.2011 г. № 168) (ред. от 17.10.2012 г.);

Государственные стандарты:

20. ОСТ 51.40-93 «Горючие газы»;

21. ГОСТ 3022-80 «Водород технический. Технические условия» (с Изменениями N 1,2)

22. ГОСТ 5583-78 (ИСО 2046-73) «Кислород газообразный технический и медицинский. Технические условия» (с Изменениями N 1, 2, 3, 4)

23. ГОСТ 10157-79 «Аргон газообразный и жидкий. Технические условия» (с Изменениями N 1, 2, 3)

24. ГОСТ 9293-74 (ИСО 2435-73) «Азот газообразный и жидкий. Технические условия» (с Изменениями N 1, 2, 3, с Поправкой)

25. ГОСТ 12.1.004-91 «ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования» (с изм.

№ 1);

26. ГОСТ Р 12.3.047-2012 «ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля»;

27. ГОСТ Р 22.0.02-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий» (с изм. № 1)

28. ГОСТ Р 22.0.10-96 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Правила нанесения на карты обстановки о чрезвычайных ситуациях. Условные обозначения» (с изм. № 1);

29. ГОСТ Р 22.0.11-99 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Предупреждение природных чрезвычайных ситуаций. Термины и определения»;

Нормативно-методические документы:

30. ФНИП ПБ «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (утв. Приказом Ростехнадзора от 11.03.2013 г. № 96);

31. ФНИП ПБ «Правила безопасности для объектов, использующих сжиженные углеводородные газы» (утв. Приказом Ростехнадзора от 21.11.2013 г. № 558);

32. ФНИП ПБ «Правила проведения экспертизы промышленной безопасности» (утв. приказом Ростехнадзора от 14.11.2013 г. № 538);

33. Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» (утв. Приказом Ростехнадзора № 137 от 31.03.2016 г.)

34. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на технологических трубопроводах, связанных с перемещением взрывопожароопасных газов» (утв. приказом Ростехнадзора от 17.09.2015 г. № 365)

35. Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных

объектах» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 13.05.2015 г. № 188).

36. Руководство по безопасности «Методические основы по проведению анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.04.2016 г. № 144).

37. РД 03-496-02 «Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий на опасных производственных объектах» (утв. Постановлением Госгортехнадзора России от 29.10.02 г. № 63);

38. СП 12.13130.2009 «Определение категории помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (утв. Приказом МЧС РФ от 25.03.2009 г. № 182) (ред. от 09.12.2010 г.);

39. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов» (зарегистрировано в Минюсте РФ 29.04.2009 г.);

40. Единая межведомственная методика оценки ущерба от чрезвычайных ситуаций техногенного, природного и террористического характера, а также классификации и учета чрезвычайных ситуаций - М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2004 г.

41. Инструктивно-методические указания по взиманию платы за загрязнение окружающей среды (утв. Минприроды РФ от 26.01.1993 г. №-190) (ред. от 12.07.2011 г.);

42. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (утв. Приказом МЧС России № 404 от 10.07.2009 г., зарег. в Минюсте РФ 17.08.2009 г. № 14541) (ред. от 14.12.2010 г.)

43. Рекомендации по обеспечению пожарной безопасности объектов нефтепродуктообеспечения, расположенных на селитебной территории (утв. и введены в действие приказом Министерства топлива и энергетики 01.08.1997 г.);
44. Руководство по оценке пожарного риска для промышленных предприятий (утв. ФГУ ВНИИПО МЧС России 17.03.2006 г.).
45. СТО Газпром 2-2.3-400-2009 «Методика анализа риска для опасных производственных объектов газодобывающих предприятий ОАО «ГАЗПРОМ».
46. РД 03-357-00 «Методические рекомендации по составлению декларации промышленной безопасности опасного производственного объекта»
47. Руководство по анализу опасности аварийных взрывов и определению параметров их механического действия (РБ Г-05-039-96) (утв. приказом Госатомнадзора от 31.12.1996 г. № 100).
48. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник. Издание второе, переработанное и дополненное. Часть I - М. Ассоциация «Пожнаука», 2004 г. - 713 с.
49. Типовая инструкция по технике безопасности при использовании в научных учреждениях и предприятиях АН СССР сжатых, сжиженных и растворенных газов (утверждена вице-президентом Академии наук СССР 15.06.'1971 г.).